

# *Planificación de la Perforación de Pozos y Selección de Taladro*

*(Well Planning and Rig Selection)*

*Prep:  
Ing. Jairo C. Molero*



*Describir todos los aspectos Operacionales y de Ingeniería, que son necesarios para la **Planificación de un Programa de Perforación**, (Well Planning), así como los requerimientos para la adecuada **Selección del Taladro** (Rig Selection) acorde con el pozo asignado*



- *Introducción en la Planificación de la Perforación de un pozo*
- *Factores involucrados en la Planificación de un Programa de Perforación*
- *Formato A.P.I # D 10-A – Drilling Plan Analysis D.P.A.*
- *Fase I – Información Básica del Pozo y su Localización*
- *Fase II – Programa del Hoyo y Revestimiento*



- *Fase III – Sarta de Perforación Recomendada*
- *Fase IV – Requisitos de la Cabria o Torre de Perforación*
- *Fase V – Necesidades Hidráulicas*
- *Fase VI – Necesidades Rotatorias*
- *Fase VII – Equipos Auxiliares*
- *Selección del Taladro*
- *Tópicos Complementarios. Descripción General*



- ❑ ..... La corporación adopta el **Modelo de Construcción y Mantenimiento de Pozos Clase Mundial** acordado por el grupo de Benchmarking Internacional integrado por otras 9 empresas petroleras. Este establece, que el mismo debe iniciarse con la activación de unos elementos **Guías o Drivers**, conformados por la pre-concepción de la construcción del activo pozo a partir de los requerimientos y la visión del cliente, en nuestro caso, las unidades de explotación de yacimientos.
- ❑ La información de: **Yacimiento** (regímenes de presión, productividad en el tiempo, tipo de pozos, tipo de arquitectura de drenaje, plan de explotación del área), **de Geología** (prognosis geológica, microscópica de poros, geomecánica regional) y **de Producción** (análisis nodal, sistema de producción, usos del pozo), es el **disparador del Proceso de Diseño de Construcción y Mantenimiento de pozos**, la veracidad de los mismos compromete el éxito del proyecto.





- ❑ *La incertidumbre en las propuestas iniciales se convierte en **sobre dimensionamiento de:** tubulares, cemento, mechas y equipos de perforación, **encareciendo innecesariamente el costo del pozo y reduciendo la rentabilidad del mismo***
- ❑ *Debemos calcular el impacto que crea un buen Estudio Integrado de Yacimiento en la Construcción de estos activos en el ámbito corporativo, siendo la gente y los yacimientos los de **Mayor Valor**, los pozos son los de **Mayor Costo***
- ❑ *Quizás una de las consideraciones de mayor importancia, es que: **No debemos diseñar en función de los taladros disponibles, ni mucho menos de las prácticas y paradigmas que tenemos en mente***
- ❑ *Nuestro diseño ha de ser optimizado y que genere la mayor cantidad de valor, hay que diseñar y considerar la selección del **Equipo o Taladro más adecuado.***



## **VISIÓN**

- *Identificar Proyecto*

## **CONCEPTUALIZACIÓN**

- *Factibilidad del Proyecto*

## **DEFINICIÓN**

- *Alcance y Propuesta de Ejecución*

## **EJECUCIÓN**

- *Perforar y Completar*

## **OPERACIÓN**

- *Pruebas y Entrega*



# *Introducción en la Planificación de la Perforación de un Pozo*







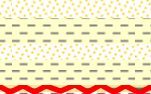
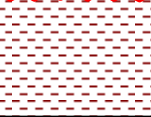

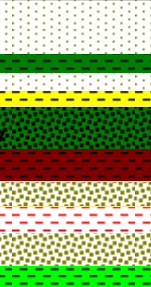
- ❑ *El éxito de la perforación de un pozo, depende directamente de una **óptima planificación inicial**. La importancia de un apropiado plan comienza con la decisión de perforar y terminar cuando el pozo está completado y el taladro listo para mudarse a otra localización*
- ❑ *La exactitud con la cual el plan es preparado, contribuirá a una **reducción de costos y una disminución de los problemas potenciales**. Al mismo tiempo, un control diario de las operaciones ayudará a realizar correctivos a medida que el pozo se perfora*
- ❑ *Una de las claves de éxito, es **el de anticipar lo inesperado**, ya que muchos de los problemas que se presentan en nuestras operaciones ocurren en pozos de desarrollo y durante las ejecución de tareas cotidianas*



- ❑ *El propósito de este evento, es el de **presentar y analizar las distintas fases involucradas en la Planificación de un Programa de Perforación**, así como todos los factores que deben ser considerados durante esa etapa*
- ❑ *Dentro de estos factores, se encuentra información que proviene de dos fuentes: **Información de Geología y Yacimiento** y por supuesto **Información de Pozos Vecinos**, las cuales aparecen incluidas en los archivos (file o post mortem) presentados normalmente en resúmenes esquemáticos*
- ❑ *Es importante resaltar en dichos archivos, los **problemas inherentes a las Operaciones y analizar los Aspectos Técnicos y de Ingeniería de Diseño** que pudiesen ser mejorados, a fin de evitar contingencias o cambios durante el proceso de construcción del pozo*

❑ Finalmente, este Plan de Perforación nos permite la **selección adecuada del Taladro de Perforación**, lo cual garantiza que las actividades descritas en dicho Plan, tengan asegurado su proceso de ejecución operacional, contando para ello con **los equipos acordes con su potencia y capacidad de respuesta**



EDAD	FORMACION	MIEMBRO	LITOLOGIA	DESCRIPCION
PLEISTOCENO	FM TIPO A			Arenas y gravas macizas
MIOCENO	FM TIPO B			Lutitas de color verdoso conglomerados macizos
	FM TIPO C			Lutitas de color gris claro, areniscas de color variable
EOCENO MEDIO	FM. TIPO D	Lutitas de Paují		Lutitas Fosilíferas grises a negruzcas
		Arena Basal A-9/A-10		Areniscas con intercalaciones lutíticas
	FM. TIPO E	Arenas (B0-B1-B2 B3)		Areniscas cuarzosas de color gris claro intercaladas con lutitas negras y limolitas grises

# *Factores involucrados en la Planificación de un Programa de Perforación*





❑ *Los factores involucrados en la Planificación de un Programa de Perforación, tal como se discutió en la Introducción, proviene de dos fuentes específicas. La primera de ellas la Información de Geología y Yacimiento y la segunda de Información de Pozos Vecinos*

## ❑ *Geología y Yacimiento:*

❑ *Suministrada por el Geólogo o Ingeniero de Explotación, la cual debe incluir mapa de ubicación del pozo a perforar, mapas estructurales, datos de presión, presiones anormales anticipadas, correlación de pozos vecinos y por supuesto secciones geológicas esquematizadas del área a perforar*

❑ *Dentro de lo posible, esta información deberá contemplar datos sobre posibles zonas de pérdida de circulación y/o atascamiento, cualquier arena cargada con alta presión, formaciones superficiales cargadas debido a fugas de pozos vecinos, buzamientos de las secciones a atravesar o secciones susceptibles a daño o no compatibilidad con el fluido de perforación*





❑ *Debe mostrarse igualmente en esta información:*

- *Programa de registros*
- *Pruebas*
- *Muestras*
- *Programa de núcleos*
- *Zonas de transición*
- *Profundidades recomendadas de los puntos de asentamiento de los revestidores*

❑ *En resumen, la información suministrada por esta fuente no debe ser limitativa y se recomienda que las empresas posean modelos o formatos asociados a Geología y Yacimiento, que cubran todos los requerimientos señalados anteriormente y todos aquellos que sean de interés para una óptima Planificación del Programa de Perforación*



## ❑ *Pozos vecinos:*

❑ *Dentro de esta fuente, esta el mayor porcentaje Operacional y de Ingeniería de Diseño a desarrollar en la Planificación del Pozo. Su valiosa información generalmente esta plasmada en resúmenes esquematizados y de orden secuencial asociado al proceso de perforación*

❑ *De allí que, dicha información debe ser lo más amplia posible y bien detallada, más aún, cuando existan problemas de carácter operacional que pudiesen afectar el proceso como tal.*

❑ *A continuación se presenta una guía de la información a rescatar de dichos resúmenes y que servirán para armar el Programa de Perforación:*



- *Tipos y características de los Fluidos de Perforación*
- *Tipos y componentes de la sarta de perforación. P.S.M y R.P.M*
- *Tipos de Mechas utilizadas. Rendimiento. Evaluación*
- *Métodos Hidráulicos utilizados. Jets, caudal y presión. R.O.P*
- *Presión de poros y de fractura. Prueba L.O.T. Densidad máxima equivalente*
- *Puntos de asentamiento de los revestidores*
- *Tipo y grado de los revestidores. Factores de Diseño. Análisis general del diseño*
- *Tipos de lechadas de cemento utilizado. Aditivos. Proceso*
- *Registros tomados. Problemas resaltantes de la corrida*
- *Tipos de completación. Equipos utilizados*
- *Actividades Complementarias (Pruebas, Núcleos, Cañoneo)*
- *Análisis de tiempo y Costos del pozo por fase*
- *Contingencias por fase. Detalles operacionales generales*

FORMATO A.P.I # D-10 A  
(Drilling Plan Analysis D.P.A)

Programa del Hoyo y del Revestimiento	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Profundidad Total, pies.						1	A
Diámetro del Hoyo, pulg.						2	B
Perforabilidad de la Formación						3	B
Diámetro Exterior del Revestidor, pulg.						4	A
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						5	D
Cantidad, pies.						6	D
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						7	D
Cantidad, pies.						8	D
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						9	D
Cantidad, pies.						10	D
Peso de la sarta de revestimiento en el aire, M-lbs.						11	D
Minima carga para partirse, M-lbs.						12	E
Peso del Revestidor en el lodo, M-lbs.						13	E
Minima velocidad requerida, pie/min.						14	E

*Formato  
A.P.I # D10-A  
Drilling Plan  
Analysis  
(D.P.A)*



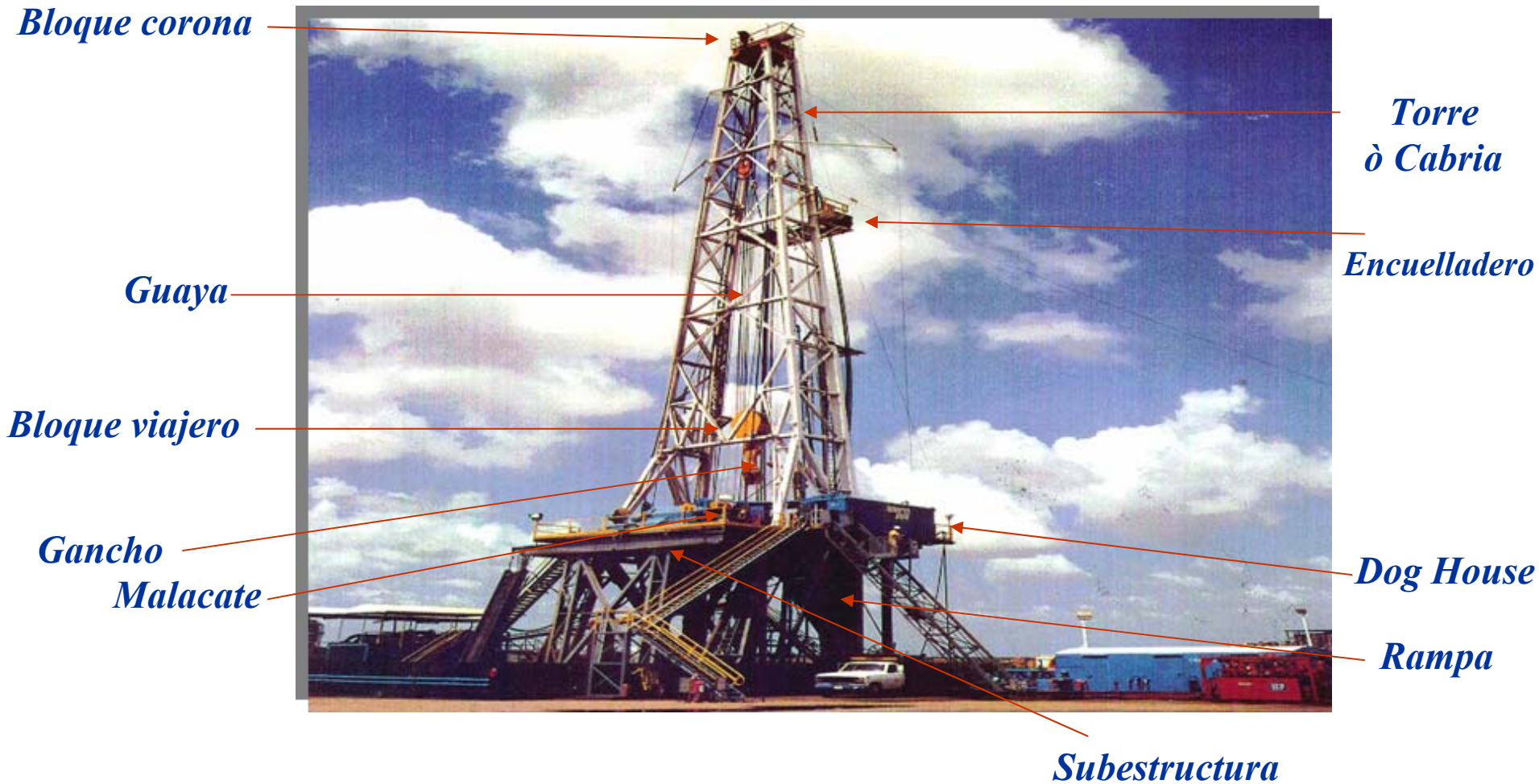
❑ *El Formato # D10-A presenta un Análisis de un Plan de Perforación (Drilling Plan Analysis D.P.A), el cual fue desarrollado por el Instituto Americano del Petróleo (A.P.I) para que de una manera secuencial plasmar las fases o aspectos de mayor incidencia en la selección óptima de un Taladro de Perforación para operaciones de tierra o agua*

❑ *Dicho formato, reúne todos los Sistemas involucrados en un Taladro de Perforación, a saber:*

- ❑ *Sistema de Levantamiento*
- ❑ *Sistema de Rotación*
- ❑ *Sistema de Circulación*
- ❑ *Sistema de Potencia*
- ❑ *Sistema de Seguridad*



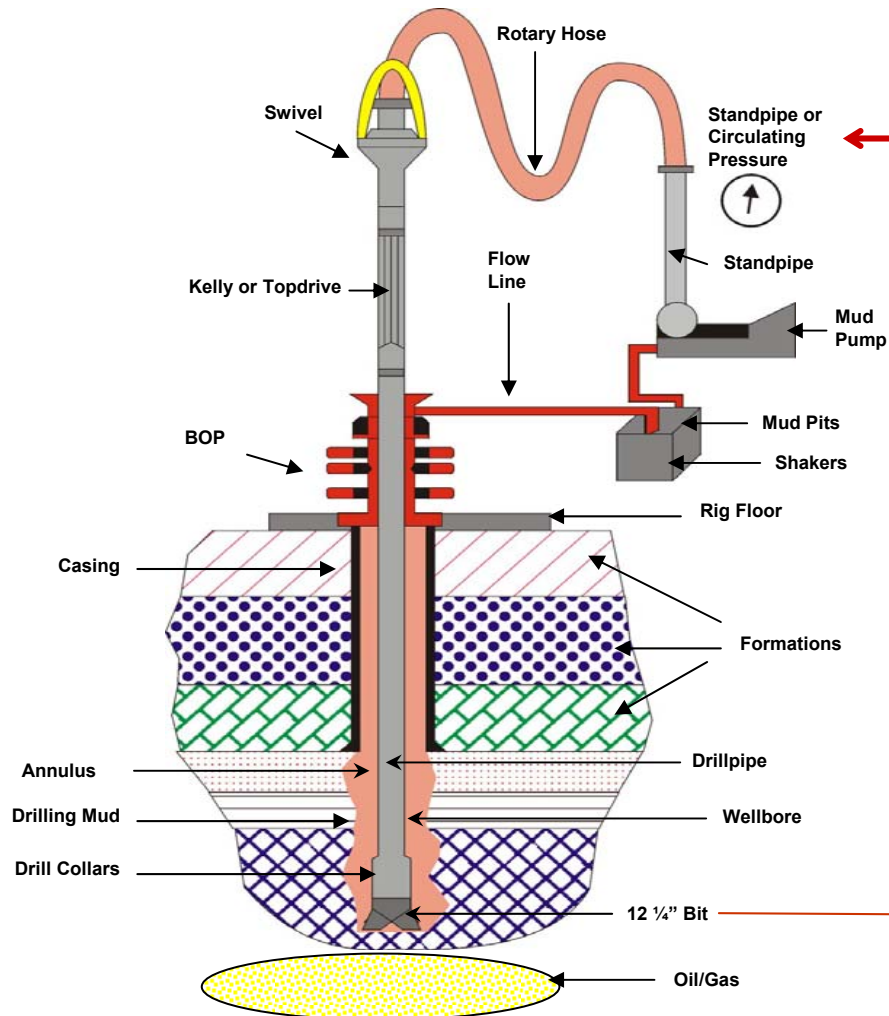
## *SISTEMA DE LEVANTAMIENTO*



## SISTEMA DE ROTACION Y LEVANTAMIENTO







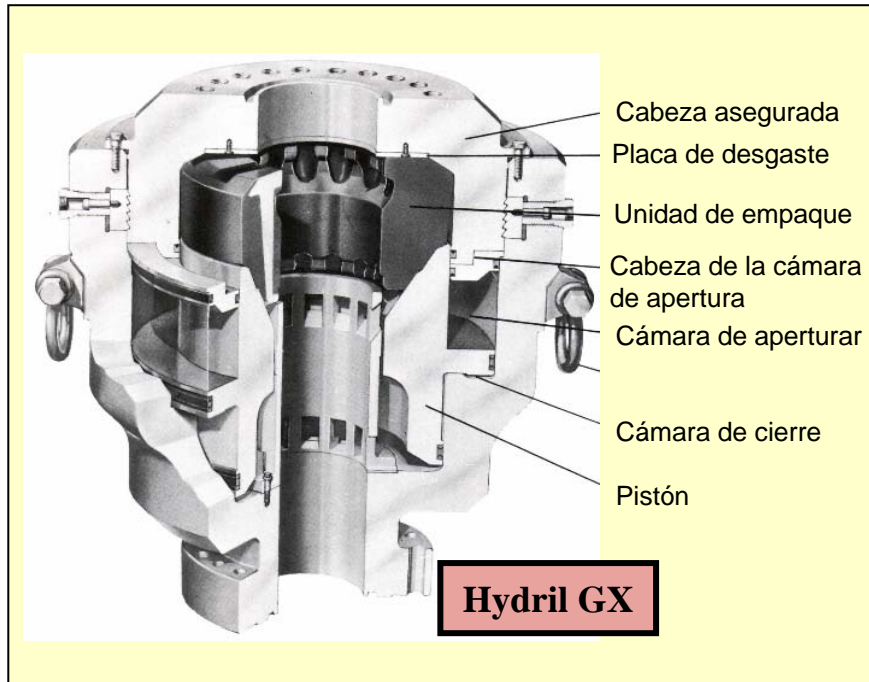
**SISTEMA DE CIRCULACION**

**SISTEMA DE ROTACION**



**MECHA 12 1/4"**

## ***SISTEMA DE SEGURIDAD***





☐ *Dicho Formato está **dividido por bloques, fases o secciones**. En dichas fases, es necesario **implementar un procedimiento de llenado** en la cuál se requiere realizar cálculos inherentes a aspectos Operacionales y de Ingeniería, estos servirán finalmente para la Selección del taladro.*

☐ *A continuación se mencionan las fases del D.P.A:*

- ☐ *Fase I – Información Básica del Pozo*
- ☐ *Fase II – Programa del Hoyo y Revestimiento*
- ☐ *Fase III – Sarta de Perforación Recomendada*
- ☐ *Fase IV – Requisitos de la Torre de Perforación*
- ☐ *Fase V – Necesidades Hidráulicas*
- ☐ *Fase VI – Necesidades Rotatorias*
- ☐ *Fase VII – Equipos Auxiliares*





□ *El mecanismo de llenado que se utilizará para el **Formato API # D 10-A** (D.P.A) es el siguiente:*

□ *Para el evento, **se seleccionará un pozo modelo**, el cual tendrá una información básica, la misma debe ser colocada en la Fase I del D.P.A*

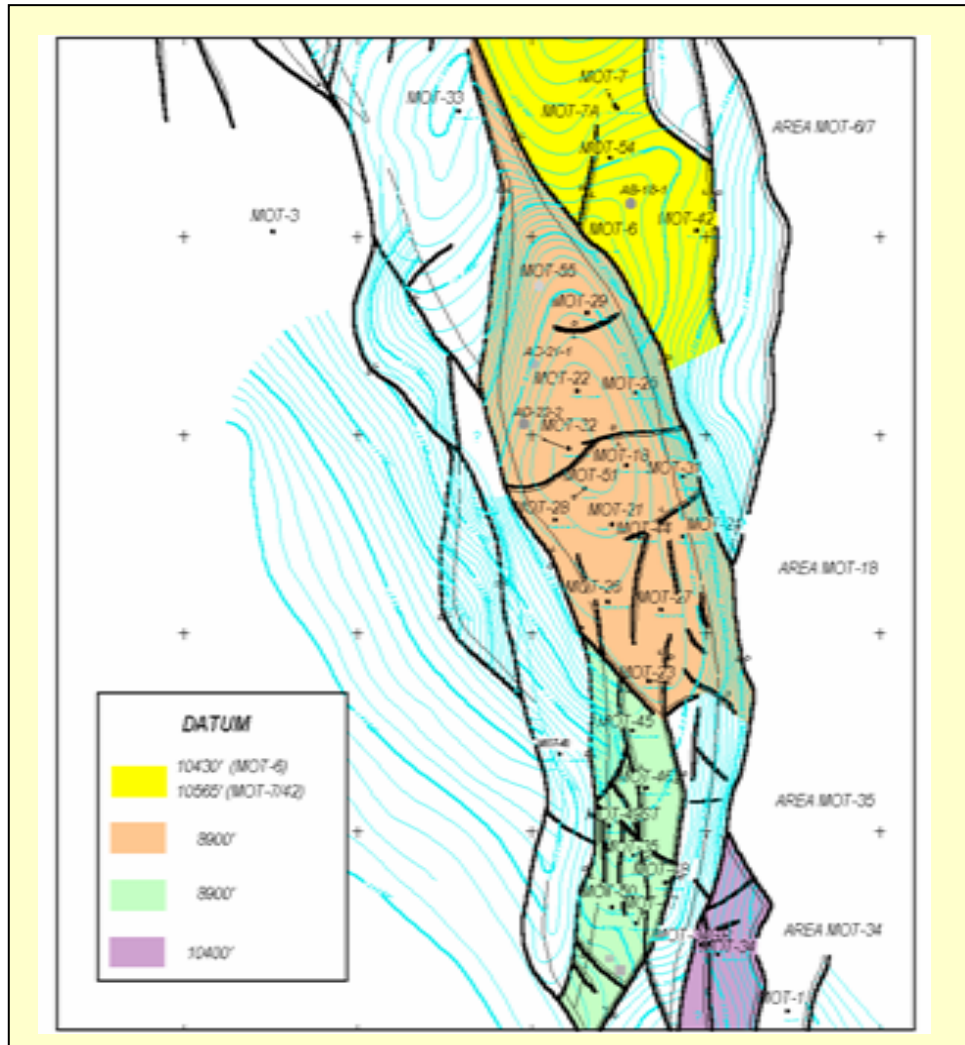
□ *Cada Fase del Formato (a partir de las Fase II) posee columnas **las cuales corresponden a la secciones que el pozo contempla** (Ej: Superficial, Intermedio, etc.)*

□ *Cada ítems de las Fases (a partir de la Fase II) están **separadas por filas o líneas** las cuales están identificadas a su vez por letras, dicha distribución es como sigue:*



- ☐ *Fase II – Línea 1-A hasta Línea 14-E*
- ☐ *Fase III – Líneas 15-F hasta Línea 29-K*
- ☐ *Fase IV – Línea 30-L hasta Línea 32-L*
- ☐ *Fase V – Línea 33-C hasta Línea 48-U*
- ☐ *Fase VI – Línea 49-V hasta Línea 54-V*
- ☐ *Fase VII – Línea 55-W hasta 61-W*

☐ *Para cada Línea de cada Fase se realizará un llenado secuencial, este corresponderá a cada items señalado. El llenado pudiese hacerse utilizando para tal fin: Tablas, Gráficos o Fórmulas, en algunos casos se señalarán valores de campo de uso común*



# *Fase I*

## *Información Básica del Pozo*



❑ *La Fase I, es la parte del Formato D.P.A, donde es necesario colocar la **información relacionada con la identificación y el lugar del pozo.***

❑ *En dicha Fase, se requiere de la información de la **fuentes de Geología y Yacimiento**, donde se define:*

❑ *El Nombre y número del pozo asignado*

❑ *El Estado o Municipio donde el pozo será perforado*

❑ *El Campo o área del yacimiento en cuestión*

❑ *La profundidad total esperada del pozo*

❑ *Las formaciones geológicas en la superficie y su profundidad*

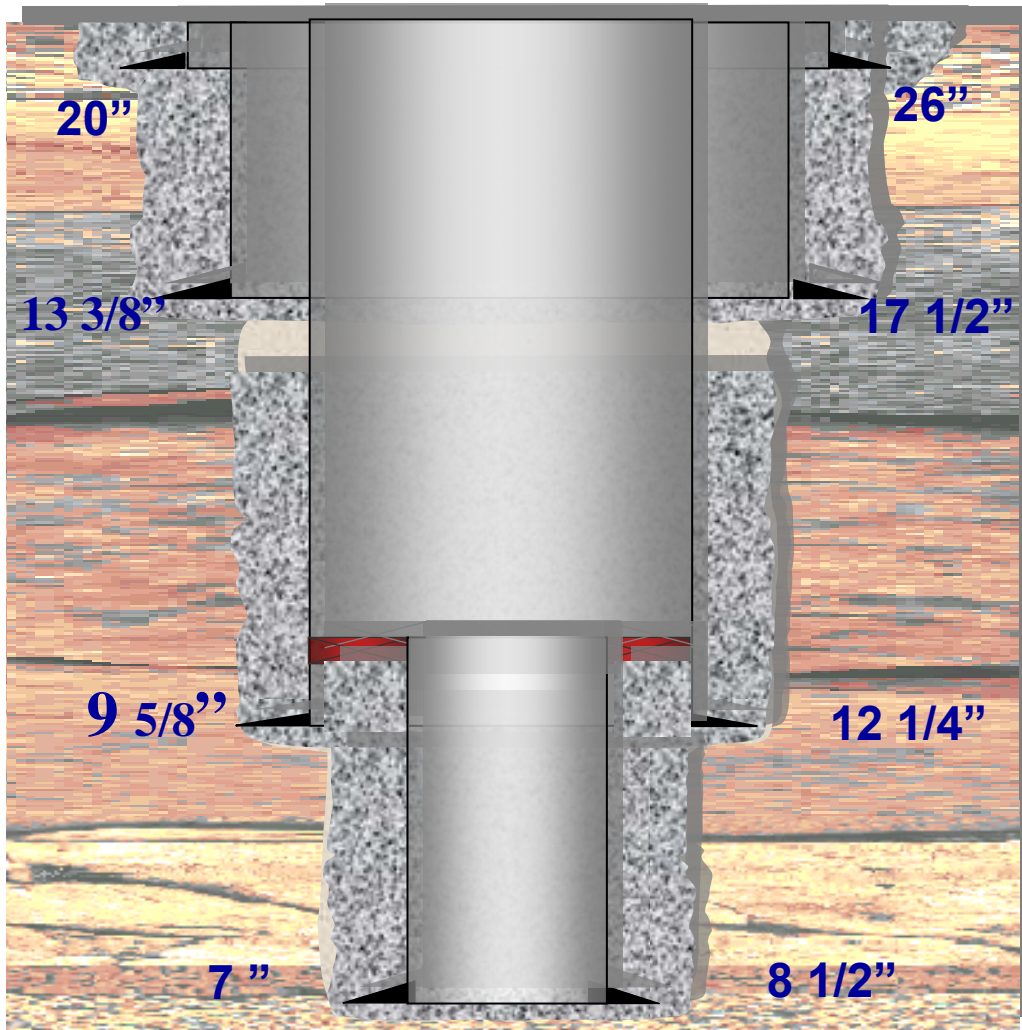
## *Fase I del D.P.A*

FORMATO A.P.I # D-10 A

(Drilling Plan Analysis D.P.A)

FORMATO A.P.I # D-10 A									
(Drilling Plan Analysis D.P.A)									
Nombre y No. del Pozo					Municipio		Estado		
Pozo A.P.I No.			Campo ó Area				Profundidad Total Proyectada		
Formaciones Geológicas en la Superficie						a P.F			





# *Fase II*

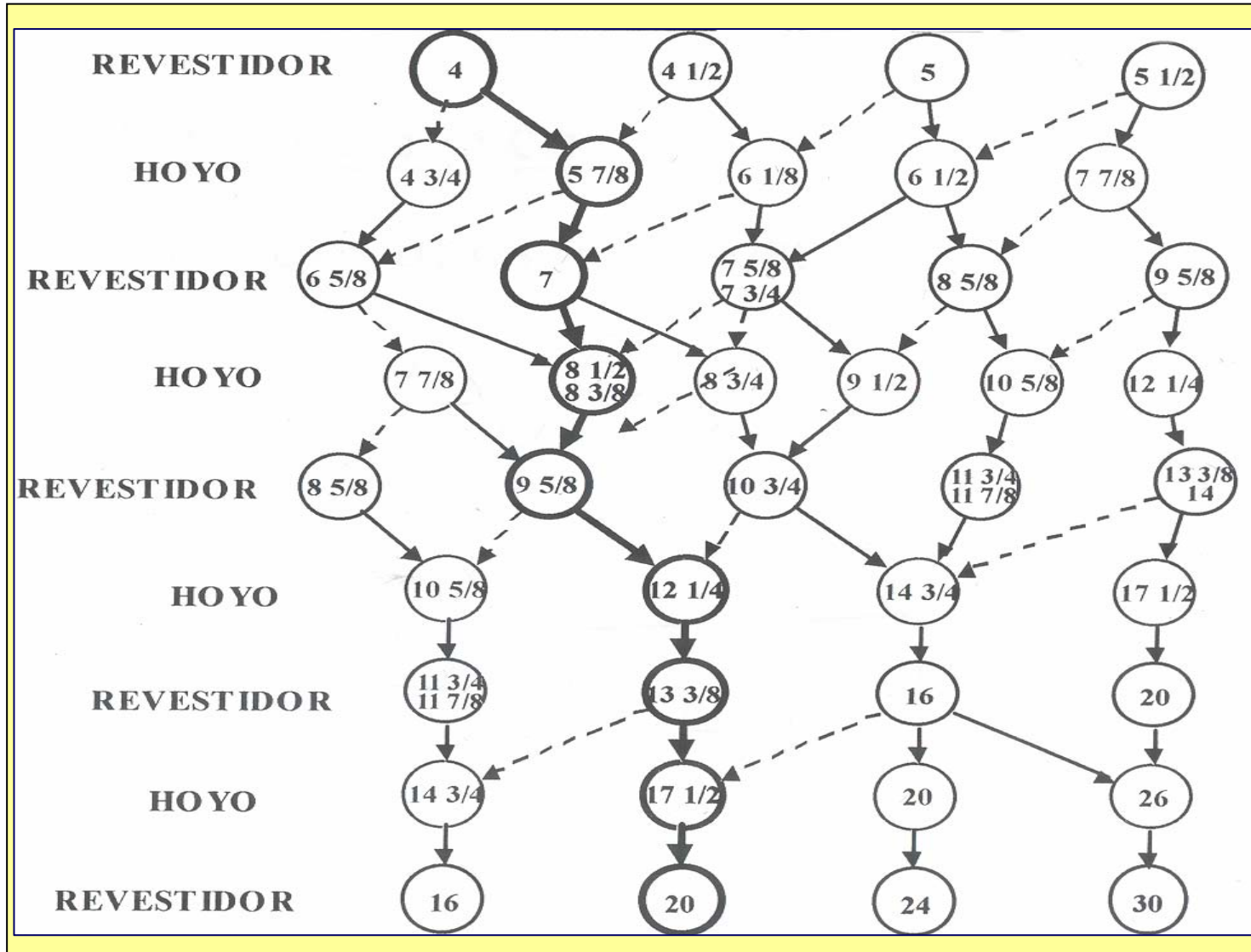
## *Programa del Hoyo y del Revestimiento*



❑ Esta Fase del D.P.A, contempla la **relación entre el Hoyo y el Revestidor**. Dependiendo de la zonas a perforar y de la profundidad final del pozo, es posible tener una relación tal como se muestra en la siguiente tabla:

❑ Secciones comunes para pozos profundos:

■ 1ra Sección	Hoyo 36" y Revestidor 30"	Piloto
■ 2da Sección	Hoyo 26" y Revestidor 20"	Conductor
■ 3ra Sección	Hoyo 17 ½" y Revestidor 13 3/8"	Superficial
■ 4ta Sección	Hoyo 12 ¼" y Revestidor 9 5/8"	Intermedio
■ 5ta Sección	Hoyo 8 ½" y Revestidor 7"	Producción
■ 6ta Sección	Hoyo 5 7/8" y Revestidor 4 ½"	Liner





□ A continuación se menciona el **propósito principal de cada Sección o Revestidor** bajado en un pozo con características similares a la anteriormente indicada y a una profundidad determinada

### **Propósito:**

- **Piloto:** Tubería hincada o pilote marino (percusión)
- **Conductor:** Evita erosión de los sedimentos superficiales
- **Superficial:** Evita contaminación de los yacimientos de agua dulce, sirve de soporte para la instalación de los BOP's
- **Intermedio:** Aisla zonas de presiones anormales y problemáticas
- **Producción:** Aisla las formaciones o yacimientos a ser producidos
- **Liner:** Su utilización dependerá de los objetivos trazados



## Fase II del D.P.A

### FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Programa del Hoyo y del Revestimiento	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Profundidad Total, pies.						1	A
Diámetro del Hoyo, pulg.						2	B
Perforabilidad de la Formación						3	B
Diámetro Exterior del Revestidor, pulg.						4	A
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						5	D
Cantidad, pies.						6	D
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						7	D
Cantidad, pies.						8	D
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						9	D
Cantidad, pies.						10	D
Peso de la sarta de revestimiento en el aire, M-lbs.						11	D
Mínima carga para partirse, M-lbs.						12	E
Peso del Revestidor en el lodo, M-lbs.						13	E
Mínima velocidad requerida, pie/min.						14	E



*Para el llenado de esta Fase, se describirá los cálculos involucrados y todas aquellas tablas requeridas o reglas de uso común:*

### ☐ *Línea 1-A*

☐ Coloque la profundidad estimada de los **Puntos sugeridos de asentamiento de las distintas Secciones** que el hoyo tendrá. Esta debe ser referida siempre a la profundidad medida, ya que la misma se utilizará para calcular posteriormente cargas

### ☐ *Línea 2-B*

☐ Coloque los **diámetros del hoyo (mechas o barrenas)** a perforar previamente y que servirán para la bajada del revestidor . Podemos observar diferentes mecanismos de corte de las mechas

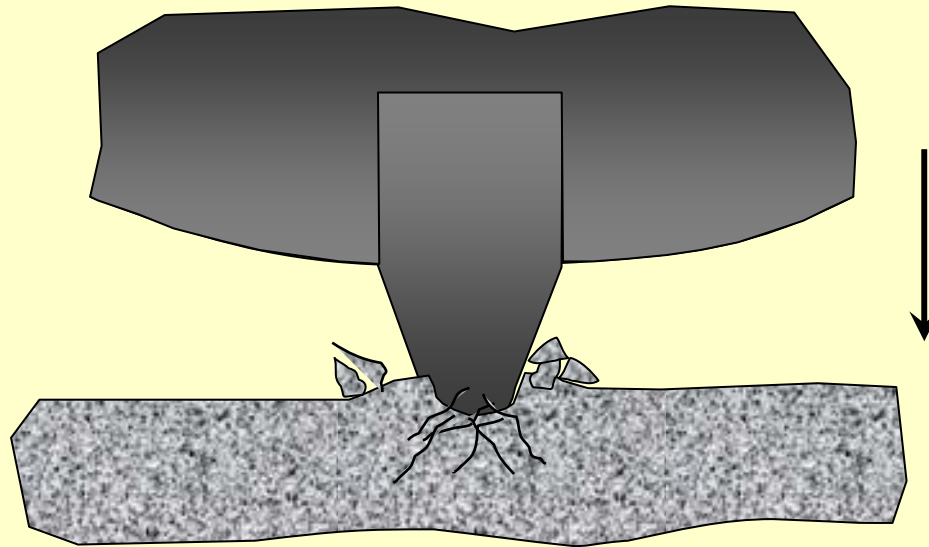
### ☐ *Línea 3-B*

☐ Coloque en este ítems, la información suministrada por la fuente de Geología y Yacimiento **sobre la Perforabilidad de las Formaciones a atravesar**. Utilice la siguiente nomenclatura: MB: Muy Blanda, B: Blanda, SD: Semi Dura, D: Dura, ED: Ext. Dura

## *Mechas de Perforación*



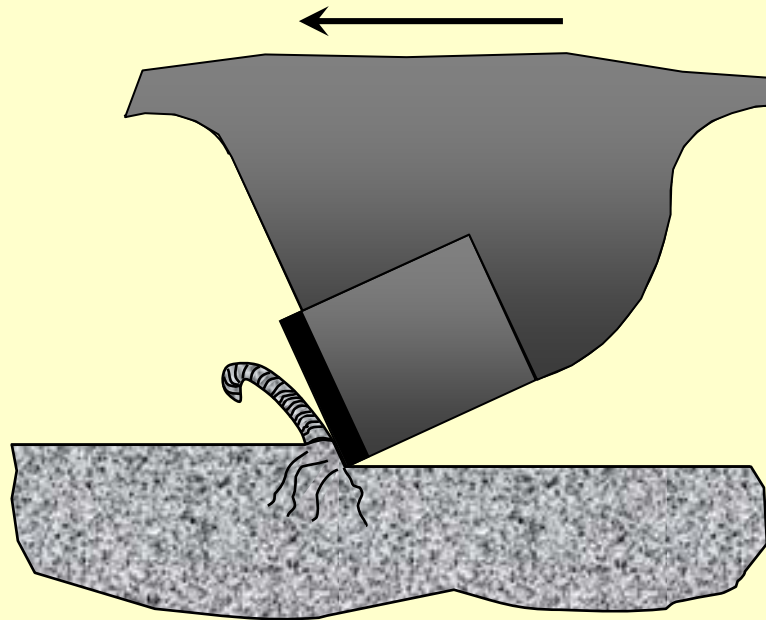
## *Mecha de Insertos de Carburo de Tungsteno (Tricónica)*



*Mecanismo: Trituración*

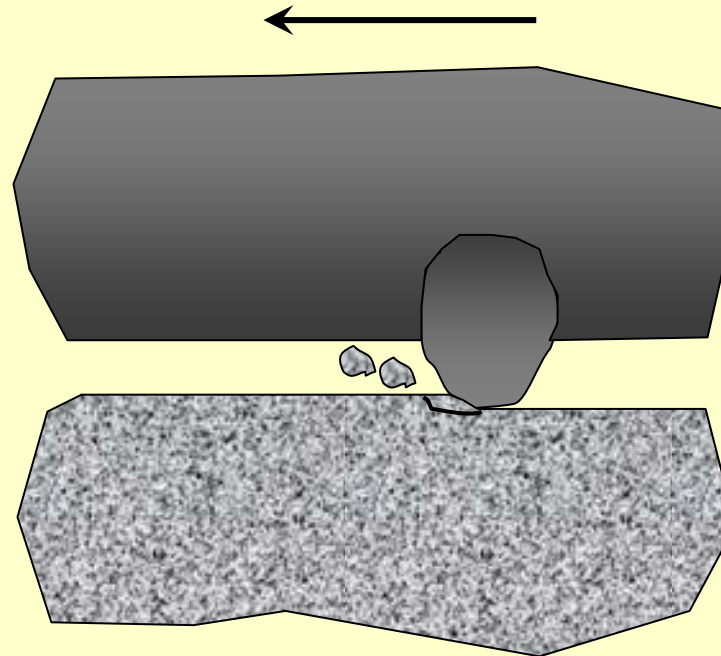


*Mecha P.D.C*



*Mecanismo: Cizallamiento*

## ***Mecha de Diamante Natural***



***Mecanismo: Fricción o Abrasión***



### ❑ Línea 4-A

❑ Coloque el *Diámetro Exterior (DE)* de los revestidores a *bajar* en cada sección del pozo. Este diámetro debe estar acorde con los requerimientos por parte de Geología y Yacimiento y con el *adecuado para el Método de Producción* que se desea en la terminación o completación del pozo

### ❑ Línea 5 – 7 y 9 - D

❑ Estas líneas deben estar *asociadas con el Diseño de Revestidores* elaborado por el Ingeniero de Diseño y los Factores de Diseño normados por la empresa que construye el pozo. En ellas se plasma el *Peso de los Revestidores (lbs/pie)* y el *Grado de Fabricación (API)* de los mismos, aquí se utilizará una Tabla de Revestidores API para sus Propiedades Mecánicas. Ver cuadro comparativo de los Factores de Diseño

### ❑ Línea 6 – 8 y 10 - D

❑ Coloque las longitudes o profundidades de cada sección de los Revestidores a bajar. Estas, tal como se estableció en la Línea 1-A deben estar referidas a las profundidades medidas.

## Factores de Diseño de los Revestidores

### LOC. W-CJW-1

REVESTIDOR	DIAMETRO (pulg)	GRADO	PESO (lbs)	Rc (Lppc)	FSc	Re (Lppc)	FSe	Rt (M lbs)	FSt
SUPERFICIAL	13 3/8	J-55	68	1950	1	3450	1,3	1069	4
INTERMEDIO	9 5/8	P-110	47	5300	2,9	9160	1,1	1500	2,6
		N-80	47	4760	0,74	6870	1,1	1161	1,9
		N-80	53,5	6620	0,75	7930	3,4	1329	1,9
PRODUCCION	7	P-110	32	10780	1,1	11640	1,4	1053	2,5
		P-110	35	13020	1,1	11640	13,7	1096	2,5



### ❑ Línea 11-D

❑ Para el llenado de este item, es necesario **combinar las Líneas 5 a 7D con las Líneas 6 a 10-D**. Esta combinación debe realizarse con la siguiente fórmula:

❑ *Peso de la Sarta de Revestimiento en el Aire: (PSRA)*

$$PSRA = \text{Peso del Revestidor (lbs/pie)} \times \text{Longitud o cantidad (pies)}$$

### ❑ Línea 12-E

❑ Este item se refiere **a la Resistencia a la Tensión en el cuerpo del Revestidor**. Este valor puede ser encontrada en la Tabla API sobre **Propiedades Mecánicas** o calculados con la siguiente fórmula:

❑ *Mínima carga para partirse o Resistencia a la Tensión (Rt)*

$$Rt = Ym \text{ (lbs/pulg. cuadradas)} \times \text{Área del tubo (pulg. cuadradas)}$$

## ❑ *Características y Propiedades Mecánicas:*



<i>Grado</i>	<i>Punto de cedencia mínimo (psi)</i>	<i>Punto de cedencia máximo (psi)</i>	<i>Resistencia a la tensión mínima (psi)</i>
<i>H40</i>	<i>40,000</i>	<i>80,000</i>	<i>60,000</i>
<i>J55</i>	<i>55,000</i>	<i>80,000</i>	<i>70-95,000</i>
<i>K55</i>	<i>55,000</i>	<i>80,000</i>	<i>70-95,000</i>
<i>N80</i>	<i>80,000</i>	<i>110,000</i>	<i>100,000</i>
<i>L80</i>	<i>80,000</i>	<i>95,000</i>	<i>100,000</i>
<i>C90</i>	<i>90,000</i>	<i>105,000</i>	<i>100,000</i>
<i>C95</i>	<i>95,000</i>	<i>110,000</i>	<i>105,000</i>
<i>P110</i>	<i>110,000</i>	<i>140,000</i>	<i>125,000</i>
<i>Q125</i>	<i>125,000</i>	<i>150,000</i>	<i>135,000</i>

*donde:*

*Ym : Esfuerzo de Ruptura Mínima del Revestidor. Asociado a al Grado de Acero, Ej: N-80, significa 80.000 lbs/pulg<sup>2</sup> cuadradas*

*Area del tubo: Area seccional del tubo =  $\pi/4 (DE^2 - DI^2)$*

### ❑ *Línea 13-E*

❑ *Para el llenado de este item es necesario definir tres Líneas previamente, las cuales esta relacionadas con el fluido de perforación. Estas son las Líneas 33 C a 35 C. Para el llenado de la Línea 35 C, es necesario calcular el Factor de Flotación para cada Densidad o Peso del fluido. La misma, podrá obtenerse a través de tablas o gráficos las cuales se encuentran disponibles o través de la siguiente fórmula*

❑ *Factor de Flotación (FF)*

$$FF = 1 - (Df \text{ (lbs/gal)} / Dac \text{ (lbs/gal)})$$

*donde:*

*Df: Densidad o peso del fluido de perforación, lbs/gal*

*Dac: Densidad del acero: 65.4 lbs/gal*

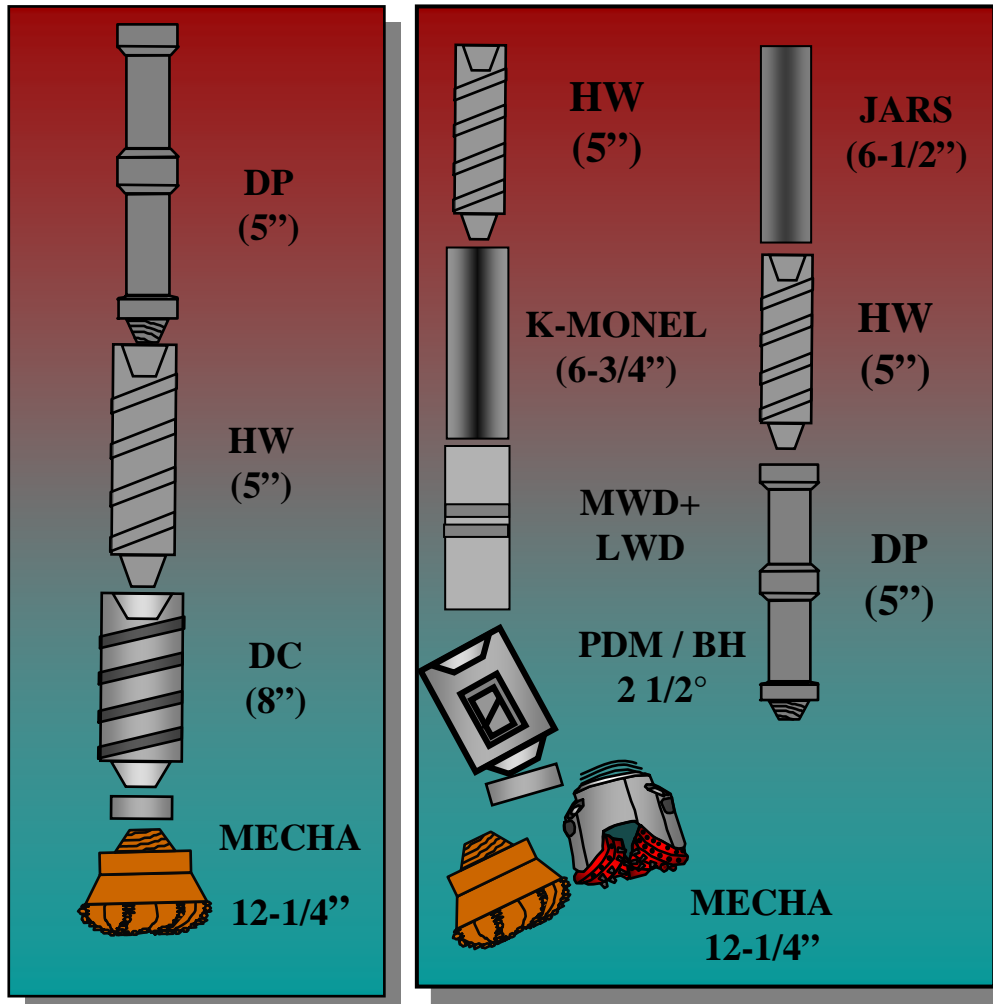
*Posteriormente para este cálculo se necesita utilizar la siguiente fórmula:*

☐ *Peso de la Sarta de revestimiento en el fluido o lodo (PSRA fl.)*

$$PSRA \text{ fl.} = PSRA \text{ (M-lbs)} \times FF$$

☐ *Línea 14-E*

☐ *En este ítem del D.P,A se debe tomar como referencia valores de uso común, los cuales pudiesen ser considerados como estandar. El mismo esta referido a la Mínima Velocidad Requerida reducida para bajar el revestidor, considerando que la misma fuese crítica. Este valor es usado como criterio para determinar los requerimientos del freno auxiliar del malacate. Su valor será considerado entre 90 y 60 pies/min*



# *Fase III*

## *Sarta de Perforación Recomendada*



## Fase III del D.P.A

### FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Sarta de Perforación recomendada	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Peso de las barras (drillcollars) en el aire, M-lbs.						15	F
Diámetro externo e interno, sección inferior, pulg.						16	G
Longitud de la sección inferior, pies.						17	G
Diámetro externo e interno, sección superior, pulg.						18	G
Longitud de la sección superior, pies.						19	G
Diámetro externo de la tubería de perforación, pulg.						20	H
Peso en lbs/pie y Grado A.P.I de la tubería de perforación						21	H
Longitud de la tubería de perforación, pies.						22	H
Peso de la tubería de perforación en el aire, M-lbs						23	H
Carga para partirse (resistencia a la tensión), M-lbs.						24	H
Peso de la sarta de perforación en el aire, M-lbs						25	J
Mínima velocidad requerida para izamiento, pies/min.						26	J
Caballaje al gancho al máximo peso y mínima velocidad						27	K
Peso de la sarta de perforación en el lodo, M-lbs.						28	K
Mínima velocidad requerida, pies/min.						29	K

❑ En esta Fase del D.P.A, se requiere **conocer lo relativo a la Sarta de Perforación (Funciones y Componentes que la integran)**. Así mismo, aquellos cálculos relacionados a ser más óptima su utilización en las diferentes secciones de hoyo

❑ En principio, discutiremos sobre **las distintas combinaciones que se pudiesen hacer a fin de poder asegurar que nuestra Sarta de Perforación cumpla con todas sus funciones**, para ello la Tabla anexa nos muestra una relación del Diámetro del Hoyo y el Diámetro de las Barras o Drill Collars y el Diámetro de la Tubería de Perforación de uso común

<u>Hoyo</u>	<u>Barras o DC's</u>	<u>Tubería (DP)</u>
26" y 17 1/2"	9" y 8"	6 5/8" y 5"
12 1/4"	9" – 8" y 7 1/4"	5"
8 1/2" y 8 3/8"	6 1/2" y 6 1/4"	5"
6" y 5 7/8"	4 3/4"	3 1/2"



### □ *Sarta de Perforación*

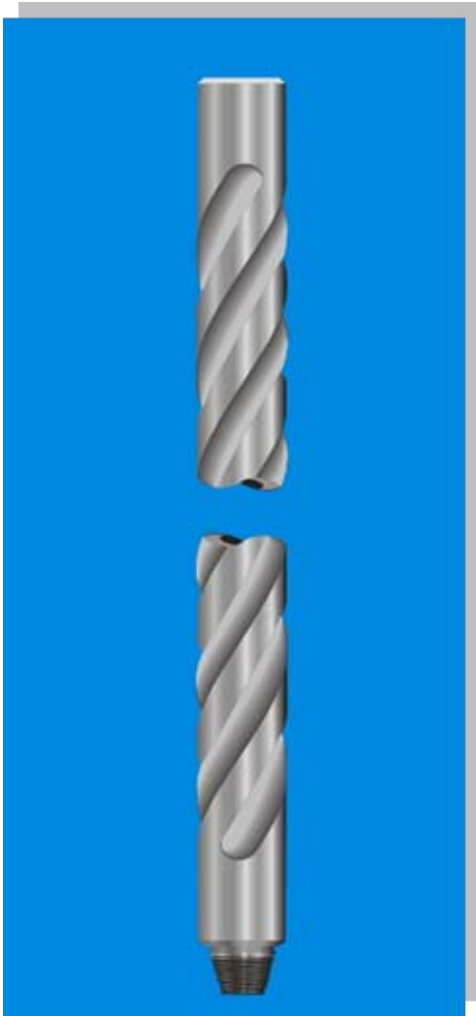
- *Componentes metálicos armados secuencialmente que conforman el ensamblaje de fondo (BHA) y la tubería de perforación, a fin de cumplir las siguientes funciones:*
- *Proporcionar peso sobre la mecha o barrena (PSM)*
  - *Prueba de perforabilidad (Drill off test)*
- *Conducir del fluido en su ciclo de circulación*
- *Darle verticalidad o direccionalidad al hoyo*
- *Proteger la tubería del pandeo y de la torsión*
- *Reducir patas de perro, llaveteros y escalonamiento*
- *Asegurar la bajada del revestidor*
- *Reducir daño por vibración al equipo de perforación*
- *Servir como herramienta complementaria de pesca*
- *Construir un hoyo en calibre*
- *Darle profundidad al pozo*



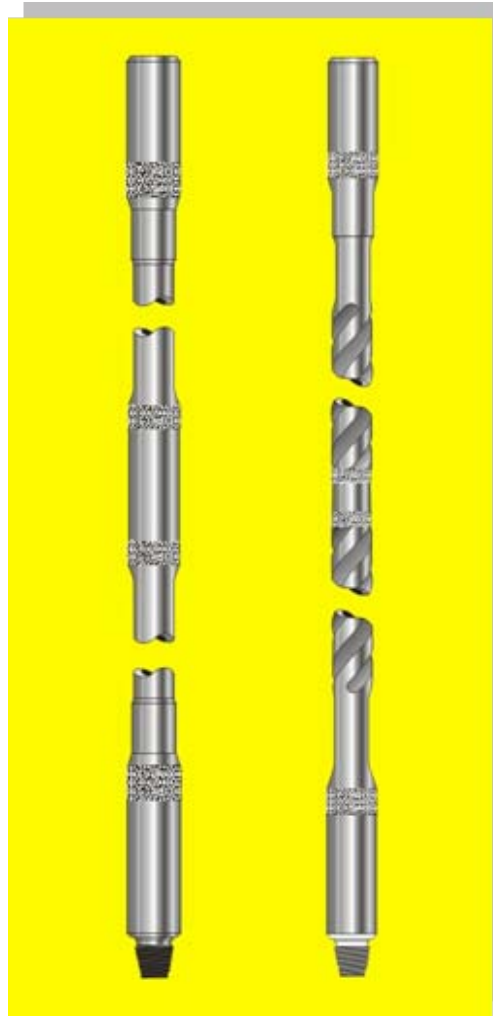
## □ Componentes:

- *Barras ó botellas de perforación (drill collars)*
- *Tubería de transición (hevi-wate)*
- *Tubería de perforación (drill pipe)*
- *Herramientas especiales*
  - *Substitutos*
  - *Cross-over*
  - *Estabilizadores*
  - *Martillos*
  - *Motores de fondo*
  - *Turbinas*
  - *Camisas desviadas (bent housing)*
  - *MWD / LWD*
  - *Otras herramientas (cesta, ampliadores, etc)*

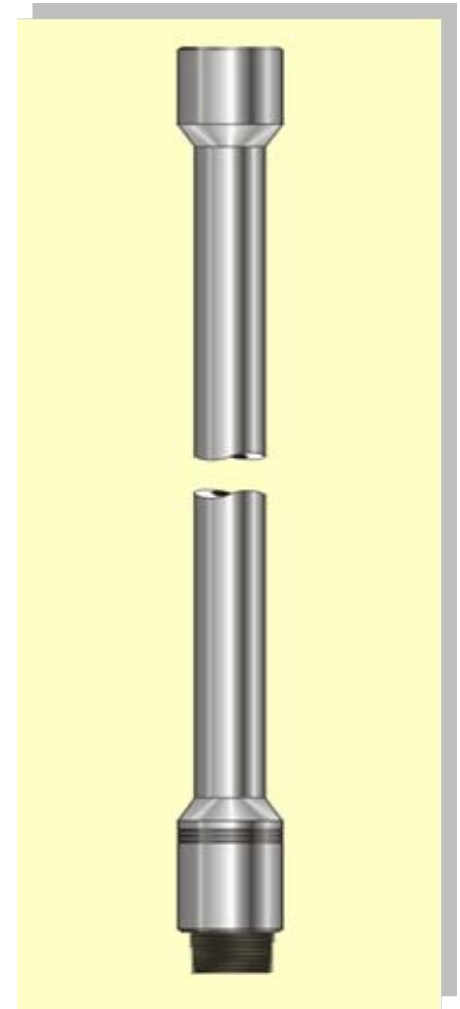
## *Barras o Botellas*



## *Tubería de Transición*



## *Tubería de Perforación*





❑ *Iniciaremos el llenado de esta Fase con las **Líneas 16-G a 19-G** para luego regresar a la **Línea 15-F***

### ❑ **Línea 16-G a 19-G**

❑ *Basada en la tabla anterior, **debemos seleccionar aquellos diámetros de barras acordes con el diámetro del hoyo a perforar.** Para su longitud, se **asumen valores de Peso sobre la Mecha (P.S.M)** por sección de hoyo para luego calcular el número de barras requeridas. Previo a este cálculo se debe obtener el **Peso de las Barras o Drill Collars (lbs/pie)** a través de **Tablas, Gráficos o por la fórmula siguiente:***

❑ ***Peso de las Barras en lbs/pie (PBa) (Barras Lisas)***

$$PBa = 2.67 ( D.E \text{ barra}^2 - D.I \text{ barra}^2 )$$

***Nota: Utilice la constante 2,56 para Barras Espiraladas***

❑ *Los valores que se seleccionarán para el P.S.M, dependerán del análisis de los pozos vecinos y su Rendimiento en cuanto a la Rata de Penetración (R.O.P) obtenida o de alguna Prueba de Perforabilidad que se haya realizado*

❑ *El Número de Barras o Drill Collars se calculará de la manera siguiente:*

▪ *Número de Barras o Drill Collars (No. DC`s) para hoyos verticales*

$$\text{No. DC`s} = \frac{\text{P.S.M}}{L \text{ DC`s} \times \text{PBa} \times \text{FF} \times 0.9}$$

*Hoyos Direccionales,  
Coloque el “Cos” del  
Angulo de Inclinación  
en el denominador*

*donde:*

*L DC`s: Longitud de una barra o drill collar (+/- 30")*

*0.9: Factor de Seguridad para garantizar que el Punto Neutro quede dentro del área de las barras*

❑ *La longitud de las secciones se hará con el No. de Barras calculadas multiplicada por la Longitud de una Barra o sea 30 pies. De esa manera completamos las líneas 17-G y 19-G en caso de que haya combinación de dos diámetros diferentes de barras (sección inferior y sección superior)*

### ❑ *Línea 15-F*

❑ *Una vez calculado el Peso de las Barras de acuerdo a su Diámetro y su Longitud, nos disponemos a calcular el Peso de las Barras o Drill Collars en el Aire de acuerdo a la siguiente fórmula:*

❑ *Peso de las Barras o Drill Collars en el Aire (PBA)*

$$PBA = PBa \text{ (lbs/pie)} \times \text{Longitud total de la sección (pies)}$$

❑ *Cuando se presenten la combinación de dos diámetros de barras, este cálculo debe hacerse por separado y posteriormente realizar una sumatoria de los pesos resultantes*



### ❑ Línea 20-H

❑ Para el llenado de esta Línea solo se utilizará la **tabla de referencia anexa sobre la combinación del Diámetro del Hoyo y el Diámetro de la Tubería de perforación**, esto como uso común

### ❑ Línea 21-H

❑ La tubería de perforación posee **Propiedades Mecánicas las cuales deben ser plasmadas en el D.P.A a través de esta Línea**. Al igual que el revestidor, la tubería tiene un **Peso por pie (lbs/pie)**, así como una **Resistencia al Esfuerzo Mínimo de Ruptura**, la cual garantizará que la tubería pueda trabajar en Tensión sin ningún inconveniente, pero nunca la misma debe trabajar en compresión

❑ Así mismo, pudiese darse el caso que se haga necesario combinar **Grados diferentes de resistencia de la tubería y hasta diámetros diferentes** para la perforación de una misma sección del hoyo, Por supuesto, es menester dejar siempre **un margen de seguridad de Sobre Tensión (Over Pull)** por si se requiere trabajar la sarta en una contingencia de pega



## ❑ Línea 22-H

❑ *La cantidad de tubería de perforación requerida resultará de restar la profundidad total de la sección menos la cantidad o longitud existente de barras previamente calculada (o sea Línea 1-A menos 17-G / 19-G)*

## ❑ Línea 23-H

❑ *Obtenida la cantidad o longitud de la tubería de perforación, nos dispondremos a calcular en esta Línea el **Peso de la Tubería de Perforación en el aire***

❑ *Peso de la Tubería de Perforación en el Aire (PTPA)*

$$PTPA = \text{Peso ajustado de la TP (lbs/pie)} \times \text{Longitud de la TP (pies)}$$

## ❑ Línea 24-H

❑ *Esta Línea esta referida a la **carga para partirse o Resistencia a la Tensión de la Tubería**, la misma dependerá del Esfuerzo referido en la Línea 21-H*





❑ *La fórmula para el cálculo de la Resistencia a la Tensión será como sigue:*

❑ *Carga para partirse o Resistencia a la Tensión (Rt TP)*

$$Rt TP = Ym TP (lbs/pulgs^2) \times \text{Área del tubo (pulgs}^2 \text{)}$$

*donde:*

*Ym TP: Esfuerzo Mínimo de Ruptura de la Tubería*

*Área seccional del tubo:  $\pi/4 (D.E TP^2 - D.I TP^2)$*

❑ *Línea 25-J*

❑ *Para el llenado de esta Línea, se debe realizar una sumatoria de las Líneas 15-F y 23-H, para obtener el Peso Total de la Sarta de Perforación en el aire (PTSA)*



### ❑ Línea 26-J

❑ La tubería de perforación utilizada en la Industria Petrolera Mundial es aquella **la cual su longitud esta entre 29 a 31 pies**. Esta tubería es clasificada por la A.P.I como **tubería Rango 2**, para lo cual su velocidad de izamiento recomendada a fin de evitar una succión o suabeo del pozo no sea menor de 45 seg/parada de tres tubos

❑ Para el llenado de esta Línea, se asumirá la longitud de una parada de tres tubos de 100 pies y el **valor de velocidad mínima de izamiento se asumirá de 100 pies/minuto**

### ❑ Línea 27-K

❑ Para esta Línea, se requiere relacionar las Líneas 25 y 26-J, es importante considerar el **Peso de la Sarta en el aire, no se toma en cuenta el efecto de flotación** ya que se asume que el mismo es contrarrestado por la fricción en el hoyo

❑ Para dicho cálculo se utilizará la siguiente fórmula:



## ❑ Caballaje al gancho (HP g)

$$HP\ g = \frac{\text{Carga en el gancho (lbs)} \times \text{Velocidad de izamiento (pies/min)}}{33.000}$$

donde:

*Carga en el gancho: Referida al Peso Total de la Sarta en el aire PTSA, lbs*

*33.000: Factor de conversión de lbs x (pie/min) a Potencia*

## ❑ Línea 28-K

❑ *Obtenido el Peso Total de la Sarta en el aire (PTSA) (Línea 25-J), se debe calcular el **Peso de la Sarta sumergida en el fluido o lodo de perforación**, para ello utilizaremos la siguiente fórmula:*

❑ *Peso de la Sarta de Perforación en el fluido (PSP fl)*

$$PSP\ fl = PTSA\ (lbs) \times FF$$



### ❑ *Línea 29-K*

❑ *Al igual que la Línea 14-E, la cual estaba referida a la Velocidad Mínima Requerida, es necesario para el caso de la Sarta de Perforación **asumir un valor de uso común***

❑ *Dado que la tubería pesa menos que el revestidor el valor que se utilizará es de 200 pies/min. Este valor será usado como referencia para el diseño de los frenos auxiliares del malacate mientras se perfora*



*Fase IV*

*Requisitos de  
la Cabria  
ó  
Torre de  
Perforación*



## ***Fase IV del D.P.A***

**FORMATO A.P.I # D-10 A**  
**(Drilling Plan Analysis D.P.A)**

<b>Requisitos de la Cabria o Torre de Perforación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Línea</b>	<b>Paso</b>
Carga crítica al gancho, M-lbs						<b>30</b>	<b>L</b>
Número de líneas (guaya) al bloque viajero						<b>31</b>	<b>L</b>
Capacidad bruta mínima nominal, M-lbs						<b>32</b>	<b>L</b>



❑ *A pesar de que esta Fase del D.P.A contiene apenas tres items, es fundamental relacionar varios aspectos que tienen incidencia en el manejo de cargas y que se requiere tener su disponibilidad en lo relativo al Sistema de Levantamiento*

❑ *Para ello, en esta Fase se discutirán todos los aspectos **que tengan relación directa** y que a continuación mencionaremos:*

- *Factor de Eficiencia de la Cabria o Torre de Perforación*
- *Cable o Guaya de Perforación. Características*
- *Diseño del Cable usando Factores de Seguridad A.P.I*
- *Trabajo de la Guaya (Toneladas millas). Cálculos*



## ❑ Línea 30-L

❑ Para la Carga Crítica en el Gancho se utilizan diferentes formas de estimar su valor, pero una de las que parece más lógica es seleccionar el valor mayor entre el 80% de la Resistencia por Tensión del Revestidor más pesado y el 100% de la Resistencia a la Tensión de la Tubería de Perforación

❑ Esto es: 80% de la Línea 12-E y 100 % de la Línea 24. Este valor será colocado en la Línea 30-L

## ❑ Línea 31-L

❑ Es necesario asumir un número de líneas entre bloque viajero y bloque corona, tal que las mismas estén dentro del Rango propuesto por A.P.I y que garantice el movimiento favorable y seguro en el momento de realizar un viaje con tubería

❑ Los rangos considerados por la A.P.I en cuanto al proceso de bajada del revestidor y al proceso de perforar es el siguiente:



## ❑ *Rango del Factor de Seguridad: Proceso Revestimiento*

$$2.5 \leq \text{Factor de Seguridad} \leq 5.0$$

## ❑ *Rango del Factor de Seguridad: Proceso de Perforación*

$$3.5 \leq \text{Factor de Seguridad} \leq 5.0$$

## ❑ *Línea 32-L*

❑ *Los fabricantes de torres, mástiles y subestructuras, en cooperación con el A.P.I proporcionan a los usuarios las capacidades de carga segura aplicables en tales equipos.*

❑ *Para las torres de perforación, la carga crítica es aproximadamente 200 % de la capacidad de carga nominal. Esta Capacidad Bruta Nominal se calculará a través de la siguiente fórmula:*



## □ *Carga Bruta Nominal (CBN)*

$$CBN = \frac{N + 4}{N} (S + H) + C$$

*donde:*

*N: Número de líneas guarnidas entre bloque viajero y bloque corona (Línea 31-L)*

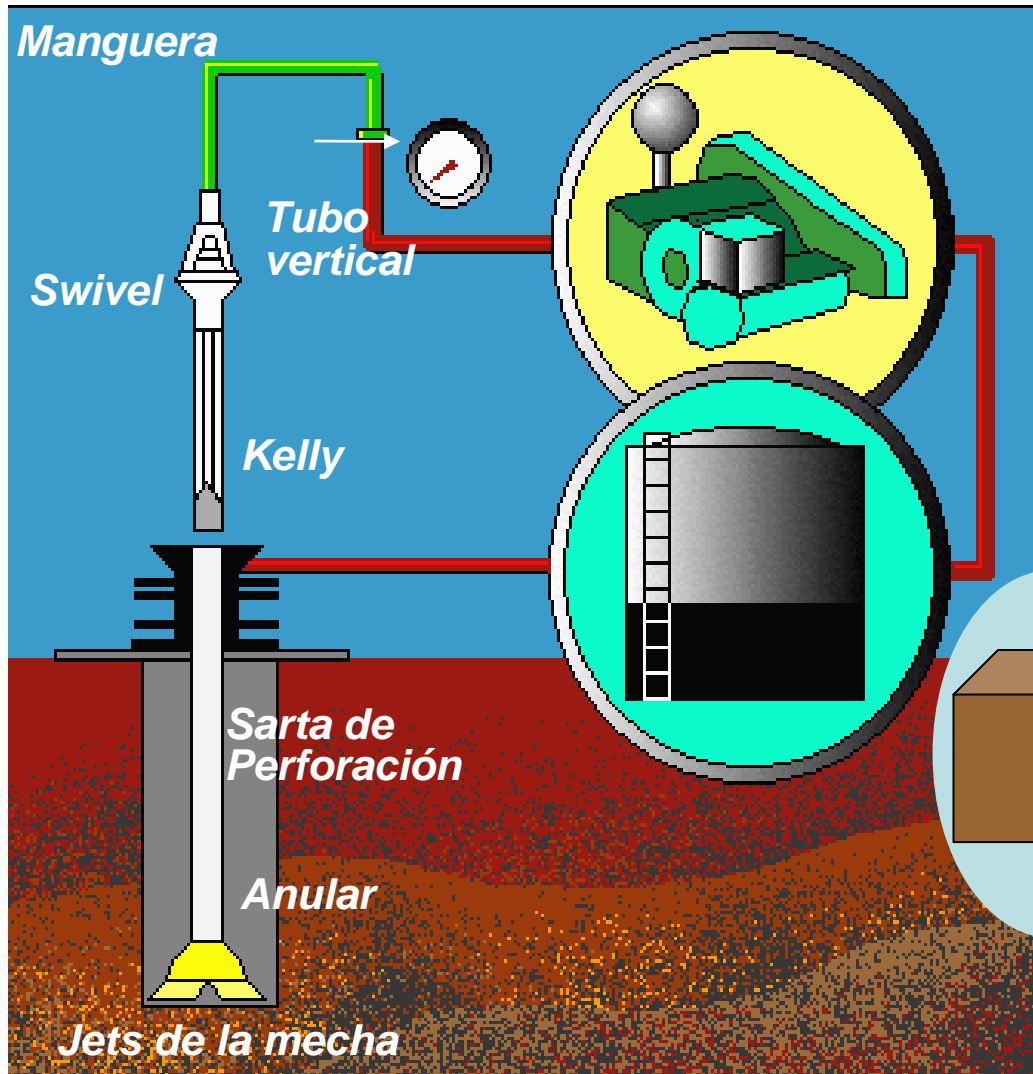
*S: Peso del equipo misceláneo en suspensión (lbs)*

*H: Carga crítica en el Gancho (lbs) (Línea 30-L)*

*C: Peso del Bloque Corona (lbs)*

*4: Número de patas de la subestructura*





*Fase V*

*Necesidades  
Hidráulicas*

## *Fase V del D.P.A*

### FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Necesidades Hidráulicas	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Tipo de fluido (lodo) de perforación						33	C
Densidad o peso, lbs/gal.						34	C
Factor de Flotación						35	C
Caballaje hidráulico seleccionado en la mecha						36	M
Velocidad anular seleccionada, pies/min.						37	N
Tasa de circulación, gal/min ó bls/min.						38	N
Velocidad en las boquillas (jets), pies/seg.						39	O
Pérdida de presión en los equipos de superficie, psi.						40	P
Pérdida de presión en la tubería de perforación, psi.						41	Q
Pérdida de presión en las barras (drillcollars), psi.						42	R
Pérdida de presión en las boquillas o jets de la mecha, psi.						43	S
Pérdida de presión en el anular hoyo-barras, psi.						44	T
Pérdida de presión en el anular hoyo-tubería de perf., psi.						45	T
Pérdida de presión total nominal, psi.						46	T
Presión de superficie o de bombeo corregida, psi.						47	U
Caballaje hidráulico en superficie						48	U



- ❑ *El llenado esta Fase del D.P.A contempla una información básica en lo relativo a optimizar la Rata de Penetración (R.O.P), ya que la misma es necesaria para el diseño de las bombas del fluido de perforación y su respectiva potencia*
- ❑ *Esto garantizará el caudal suficiente para cumplir con el Método Hidráulico seleccionado y con la Presión de Superficie. Estos Métodos, deben ser seleccionados de acuerdo al tipo de formación a atravesar y al tipo de mecha o barrena que se vaya a utilizar*
- ❑ *La Fase V la iniciamos con las Líneas 33 a 35-C, las cuales sirvieron para el cálculo del Factor de Flotación, de allí que comenzaremos el llenado a partir de la Línea 36-M*



## ❑ Línea 36-M

❑ *La obtención de un Caballaje hidráulico en la mecha es clave para poder realizar un diseño óptimo de la Hidráulica. Este valor **dependerá de la Potencia por pulgadas cuadrada ( HSI (hydraulic square inch))** que se haya seleccionado. El rango de los **HSI está entre 2.0 y 8.0***

❑ *Este valor sugerido no siempre estará disponible, todo dependerá de la capacidad de la bomba del taladro y por supuesto de nuestra habilidad en el diseño de los jets o chorros de la mecha o barrena*

❑ *Este rango para las mechas es fundamental, ya que garantiza una amplia limpieza en la cara de la mecha y por ende evita erosionamiento y posible formación de anillos alrededor de ella*



❑ *Para el pozo modelo que se desarrolla en el llenado del D.P.A se debe asumir un valor dentro del rango, tal que nos permita continuar con los demás items*

❑ *Este valor puede ser obtenido de los pozos vecinos, comprobando en cada sección del hoyo cual fue el mejor rendimiento de una mecha y tomando el Ingeniero de Diseño como referencia dicho valor para realizar su hidráulica final. La fórmula para el cálculo del Caballaje Hidráulico en la Mecha es la siguiente:*

❑ *Caballaje Hidráulico en la Mecha (CH m)      Línea 36-M*

$$CH\ m = HSI \times \text{Área del hoyo (pulg}^2\text{)}$$

*donde:*

$$\text{Área del hoyo} = (\pi/4) \times (\text{Diámetro del hoyo}^2)$$



## □ Línea 37-N

□ Una de los factores limitantes que se requiere cumplir al momento de diseñar la hidráulica para un pozo, esta relacionado con la garantía de la limpieza del fondo del pozo. *Este requisito está asociado con la Velocidad Anular Mínima (VA m en pie/min)*

□ Existen varias formas de conocer un valor de Velocidad Anular Mínima, *a saber gráficos, tablas o fórmulas*. Para el llenado de esta Línea utilizaremos una *tabla de uso común* para la selección de la velocidad referida (con un valor mayor), la cual esta relacionada con el diámetro del hoyo y de la tubería de perforación

<u>Diámetro del Hoyo</u>	<u>VA m (pie/min)</u>
26" y 17 ½"	50 - 70
12 ¼"	90
8 ½"	110
5 7/8"	140





## ❑ *Línea 38-N*

❑ *Con el valor de la Velocidad Anular seleccionada, nos disponemos a calcular el **valor del Caudal que nos garantice tener dicha velocidad**. Este valor de Caudal será obtenido utilizando la siguiente fórmula:*

❑ *Caudal de la Bomba en gal/min (Q)*

$$Q = VA \text{ m (pie/min)} \times (D_{\text{hoyo}}^2 - DE \text{ TP}^2) (\text{pulgs.}^2) / 24.5$$

*donde:*

*Dhoyo: Diámetro del hoyo en pulgs.*

*DE TP: Diámetro de la tubería de perforación en pulgs*

*24.5: Factor de conversión*

*Nota: Para trabajar en bls/min divida el resultado de “Q” entre 42*



## ❑ Línea 39-O

❑ *La velocidad de salida del fluido a través de las boquillas o jets de la mecha o barrena, podemos calcularla **utilizando gráficos existentes o por la siguiente fórmula:***

❑ *Velocidad de los jets de la mecha ( $V_{jets}$ ) (pie/seg)*

$$V_{jets} = Q \text{ (gal/min)} / (3.12 \times T.F.A)$$

*donde:*

*T.F.A: Área total de fluido (pulgadas cuadradas)*

*3.12: Factor de conversión*

## ❑ Línea 40-P

❑ *Para conocer los requerimientos de la bomba en cuanto a Potencia y en cuanto a la presión con la cual se desea trabajar basado en el Caudal ( $Q$ ) seleccionado, es necesario calcular desde la Línea 40-P hasta la Línea 45-T*



❑ En ellas se describe las **pérdidas por fricción a través del Sistema de Circulación** por donde el fluido hace su recorrido durante un ciclo completo. Estas pérdidas deben ser calculadas con el caudal seleccionado por cada sección del hoyo (**Línea 38-N**)

❑ Existen varias formas para el cálculo de las pérdidas por fricción, a saber: **Reglas hidráulicas. Gráficos, Tablas, Fórmulas y Programas Computarizados disponibles.** Una de las correlaciones más utilizadas en dicho cálculo, es la **Correlación de Blasius**, así como la **Correlación de Colebrook**, las cuales su formulación es la siguiente:

❑ **Correlación de Blasius**

❑ **Flujo Turbulento por Tubería:**

$$\Delta P = \left[ Q^{1,86} / (1775 \times DI^{4,86}) \right] \times L \times Fc1$$

*donde:*

*DI: Diámetro interno de la tubería en pulgs*

*L: Long. de la sección de tubería medida (MD) en pies*

*Fc1: Factor de corrección por densidad del fluido*

$$Fc1 = ( \text{Densidad} / 10 ) \times ( \mu p / \text{Densidad} )^{0,14}$$

*$\mu p$ : Viscosidad plástica en cps*

## ❑ *Correlación de Blasius*

## ❑ *Flujo Turbulento por anular:*

$$\Delta P = [ Q^{1,86} / (661 (Dm - dm)^{4,86} ) ] \times L \times Fc1$$

*donde:*

*Dm: Diámetro mayor y dm: Diámetro menor, pulgs.*



## ❑ *Correlación de Colebrook*

### ❑ *Flujo Turbulento por tubería:*

$$\Delta P = [ Q^{1,75} / (862 \times DI^{4.75}) ] \times L \times Fc2$$

*donde:*

*Fc2 = Factor de corrección por densidad del fluido de perforación*

$$Fc2 = (Densidad / 10) \times (\mu p / Densidad)^{0,25}$$

### ❑ *Flujo Turbulento por anular:*

$$\Delta P = [ Q^{1,75} / (328 (Dm - dm)^{4.75}) ] \times L \times Fc2$$







❑ *Flujo Laminar por tubería:*

$$\Delta P = \left[ \mu p \times Q / (3663 \times DI^4) \right] \times L$$

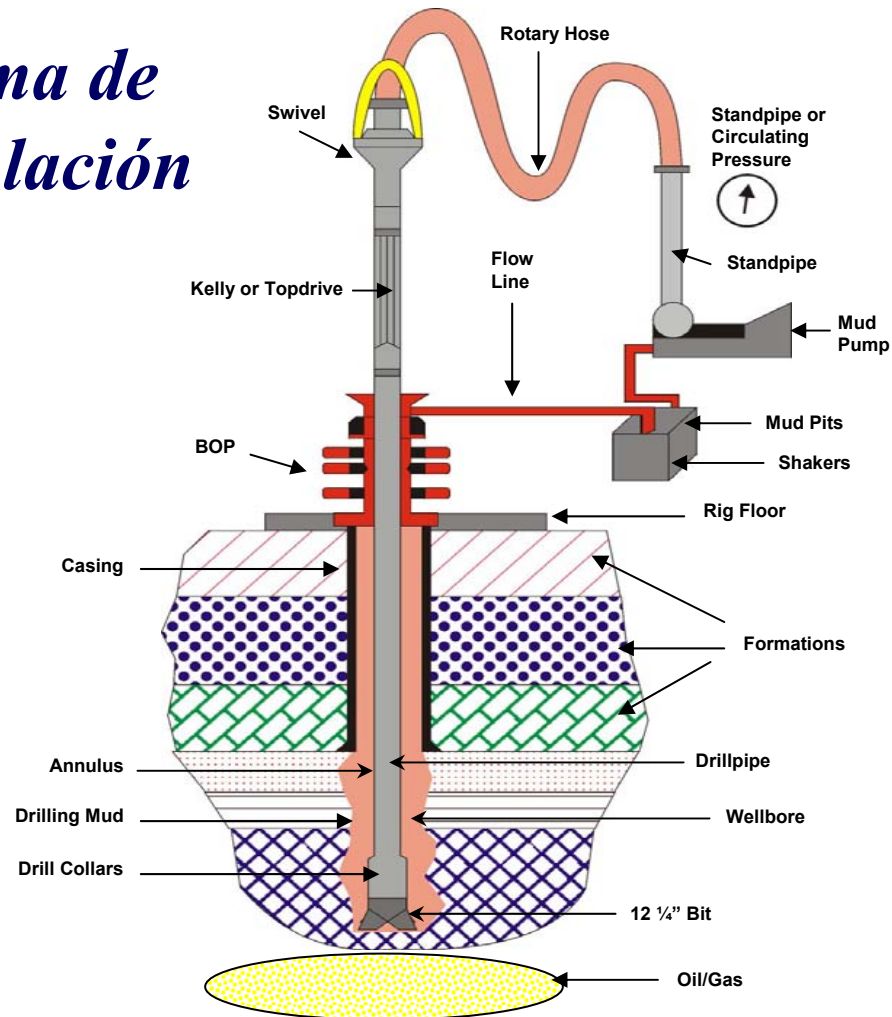
❑ *Flujo Laminar por anular:*

$$\Delta P = \left[ \mu p \times Q / (1624 (Dm - dm)^4) \right] \times L$$

❑ *Anexo, gráfico del recorrido del fluido el cual causa Pérdidas por Fricción en el Sistema de Circulación*

❑ *Para efecto del llenado de las **Líneas 40-P a 45-T**, referidas a pérdidas por fricción y a fin de facilitar el cálculo se utilizarán las tablas que se encuentran en la parte anexa.*

## *Sistema de Circulación*





## ❑ Línea 46-T

❑ Esta Línea está referida a la **sumatoria de todas las pérdidas por fricción** calculadas anteriormente

## ❑ Línea 47-U

❑ Dado que se utilizó las tablas para el cálculo de las pérdidas por fricción, dichas tablas **están diseñadas para un fluido de densidad igual a 10 lbs/gal**, de allí que se hace necesario corregirla por densidades del fluido real utilizado en cada sección de hoyo. Este factor de corrección es similar al  $Fc1$  definido anteriormente

## ❑ Línea 48-U

❑ El cálculo de esta Línea está referida a la **Potencia necesaria en superficie para trabajar con una Presión de Bomba y un Caudal** previamente diseñados en Líneas anteriores. Su valor será obtenido para todas las secciones del pozo a través de la siguiente fórmula:



## ❑ *Caballaje o Potencia Hidráulica en Superficie (CH s)*

$$CH\ s = \frac{\text{Presión de Superficie (psi)} \times Q\ (\text{gal/min})}{1714}$$

❑ *Una vez obtenido el Caballaje en Superficie requerido, es necesario **calcular la Potencia de la Bomba utilizando su Eficiencia Volumétrica**, las cuales asumiremos para una Bomba Triplex de 95 % y Bomba Duplex de 85 %, esto es:*

## ❑ *Potencia de la Bomba (HP b)*

$$HP\ b = CH\ s / 0.95\ \text{ó}\ 0.85$$



❑ *Posteriormente, se calcula la Potencia de los Motores requerida para garantizar que se cumpla con el Caballaje Hidráulico en Superficie, para ello se utiliza la Eficiencia Mecánica de los motores considerada en 85 %*

❑ *Potencia de los motores de la Bomba (HP mb)*

$$HP\ mb = HP\ b / 0.85$$

❑ *A fin de garantizar la Potencia requerida, se puede agregar a la HP mb, las pérdidas por componentes (5 % por cada motor) y por promedio de servicio continuo (85%). Es decir que:*

$$HP\ mb\ final = HP\ mn / (0,85 \times 0,85)$$

*Nota: Asumir 3 motores*





# *Fase VI*

## *Necesidades Rotatorias*

## *Fase VI del D.P.A*

### FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Necesidades Rotatorias	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Tipo de transmisión rotatoria						49	V
Diámetro interno de la mesa rotaria, pulg..						50	V
Capacidad de carga estática, M-lbs.						51	V
Límite de R.P.M, máximo y mínimo						52	V
Capacidad de Torsión, lbs-pie.						59	V
Caballaje rotatorio						54	V



❑ *Para el llenado de esta Fase del D.P.A es necesario considerar la **asesoría de los fabricantes o de catálogos** donde estos equipos estén disponibles. Esto a fin de poder obtener las características que cumplan con los requisitos asociados a las secciones de los hoyos a perforar.*

❑ *Una de las principales consideraciones tiene que ver con lo relativo al **diámetro disponible de la mesa y su capacidad de carga**, de allí que el llenado de las siguientes Líneas es más información buscada que equipos diseñados*

### ❑ **Línea 49-V**

❑ *Esta Línea se refiere al **tipo de transmisión que la mesa rotaria** y sus componentes principales utilizarán para generar el trabajo requerido, para el pozo en diseño se necesita de **una cadena de transmisión (malacate)** y esto debe ser colocado en la correspondiente Línea*



### ❑ *Línea 50-V*

❑ *Es necesario considerar para la selección del diámetro de la mesa el tamaño de la mecha más grande que perforará el pozo en estudio. En este caso modelo el diámetro más grande es la del hoyo conductor de 26", de allí que la mesa requerida debe ser de 27 ½" mínimo*

### ❑ *Línea 51-V*

❑ *Para esta Línea se requiere del fabricante obtener la capacidad de carga que la mesa seleccionada soporta y que debe ser superior a la mayor carga a manejar en el pozo en estudio. Si se observa la Línea 11-D, podemos obtener la carga mayor del revestidor que pesa más y esto debe ser la referencia para la selección*



## ☐ *Línea 52-V*

☐ *Igualmente, en la tabla del fabricante debe aparecer **las revoluciones por minuto (rpm) máxima y mínima** que la mesa seleccionada es capaz de suministrar. Esta información debe colocarse en esta Línea. Cualquier rpm mayor requerida se debe utilizar otros **mecanismos disponibles, como es el caso de los motores de fondo o las turbinas***

## ☐ *Línea 53-V*

☐ *Al igual que los rpm, el fabricante debe suministrarnos **la capacidad de torsión que la mesa posee**. Esta información al igual que la anterior es la base para calcular el caballaje de la mesa*



## ❑ Línea 54-V

❑ *El caballaje de la mesa rotaria, debe ser suministrado por el fabricantes, pero podemos calcularlo por la siguiente fórmula:*

❑ *Caballaje Rotatorio (CR)*

$$CR = (T \times rpm) / 5250$$

*donde:*

*T: Torsión de la mesa rotatoria (lbs-pie) (Línea 53-V)*

*5250: Factor de conversión de (lbs-pie) x (rpm) a potencia*



❑ *La tabla anexa, nos muestra las características de las distintas mesas rotarias de un fabricante, la requerida para el pozo modelo se ha encerrado en un recuadro*

## ROTARY TABLE SPECIFICATIONS.

Model:	C-175-S	C-175-L	C-205	C-275	D-375	D-495	D-605
Diámetro máximo de la MR, in (mm)	17½ (445)	17½ (445)	20½ (521)	27½ (699)	37½ (953)	49½ (1,257)	60½ (1,538)
Capacidad de carga, estática, tons	250 (227)	250 (227)	350 (318)	500 (454)	650 (590)	800 (726)	1,250 (1,135)
Velocidad de la MR, rpm	500	500	400	400	350	300	150
Relación de desgaste	3.16	3.16	3.14	3.16	3.60	3.93	4.76
Capacidad de aceite, gals (lts)	5 (19)	6 (23)	7 (26)	8 (30)	8 (30)	19 (72)	21 (79)
Peso ( sin MB), lbs (kgs)	6,602 (2,994)	6,848 (3,106)	9,208 (4,176)	11,230 (5,093)	13,140 (5,959)	24,157 (10,955)	31,800 (14,424)



# *Fase VII*

## *Equipos Auxiliares*

## Fase VII del D.P.A

### FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Equipos Auxiliares	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Clase de preventores (BOP's)						55	W
Tamaño, pulg.						56	W
Arreglo del Conjunto						57	W
Unidad de Cierre, Capacidad del acumulador, gal-psi.						58	W
Número de salidas de control						59	W
Número de estaciones de control remoto						60	W
Múltiple del estrangulador, tamaño y clase						61	W



❑ *Esta Fase del D.P.A está relacionada directamente con el Sistema de Seguridad. En ella se plasmará todos los equipos requeridos para poder afrontar una contingencia de arremetida y la cual se basada en un control secundario diseñado para el manejo de presiones esperadas*

### ❑ *Línea 55-W*

❑ *Los equipos preventores (BOP's) están clasificados por tipos y clase. La clase esta referida a la presiones que los mismos soportan y que pueden ser diseñados de acuerdo a las que se prevee esperar en superficie.*

❑ *Para esto, es necesario conocer la clasificación del pozo, vale decir Exploratorio o de Desarrollo. Dependiendo de esto, debemos suponer dos consideraciones críticas y que a continuación se harán de su conocimiento, todo estos para el cálculo de las Presiones de Superficie y para la selección de la Clase de BOP's*



## ☐ *Pozos Exploratorios*

☐ *Suponer que todo el pozo quede lleno de gas*

☐ *Presión de Superficie ( $P_{sup}$ ) (psi)*

$$P_{sup} = Pr.Form - Ph_{gas}$$

## ☐ *Pozos de Desarrollo*

☐ *Suponer que la mitad del pozo quede lleno de gas*

☐ *Presión de Superficie ( $P_{sup}$ ) (psi)*

$$P_{sup} = Pr.Form - Ph_{fluido} - Ph_{gas}$$



*donde:*

*Pr. Form: Presión de la formación estimada (psi)*

*Ph gas: Presión hidrostática del gas (psi)*

$$Ph \text{ gas} = \text{Grad. gas (psi/pie)} \times \text{Altura del influjo (pies)}$$

*Considerar:*

*Para TVD  $\leq 10.000'$  un Grad. Gas = 0.1 psi/pie*

*Para TVD  $> 10.000'$  un Grad. Gas = 0.15 psi/pie*

*Ph fluido: Presión hidrostática del fluido (psi)*

□ *Una vez conocida la Presión de Superficie **se selecciona la Clase de BOP's** que se requiere utilizando para tal fin la tabla anexa. Posteriormente el tamaño de los BOP's en función de diámetro del revestidor de superficie **(Línea 56 W)***







<u><i>Presión de Trabajo</i></u>	<u><i>Clase</i></u>
<i>2000 psi</i>	<i>2 M</i>
<i>3000 psi</i>	<i>3 M</i>
<i>5000 psi</i>	<i>5 M</i>
<i>10.000 psi</i>	<i>10 M</i>
<i>15.000 psi</i>	<i>15 M</i>
<i>20.000 psi</i>	<i>20 M</i>

☐ *Línea 57-W*

☐ *El arreglo o stack de preventores puede variar dependiendo del tipo de pozo el cual estemos perforando y del espacio rotario que tengamos disponible en el taladro*

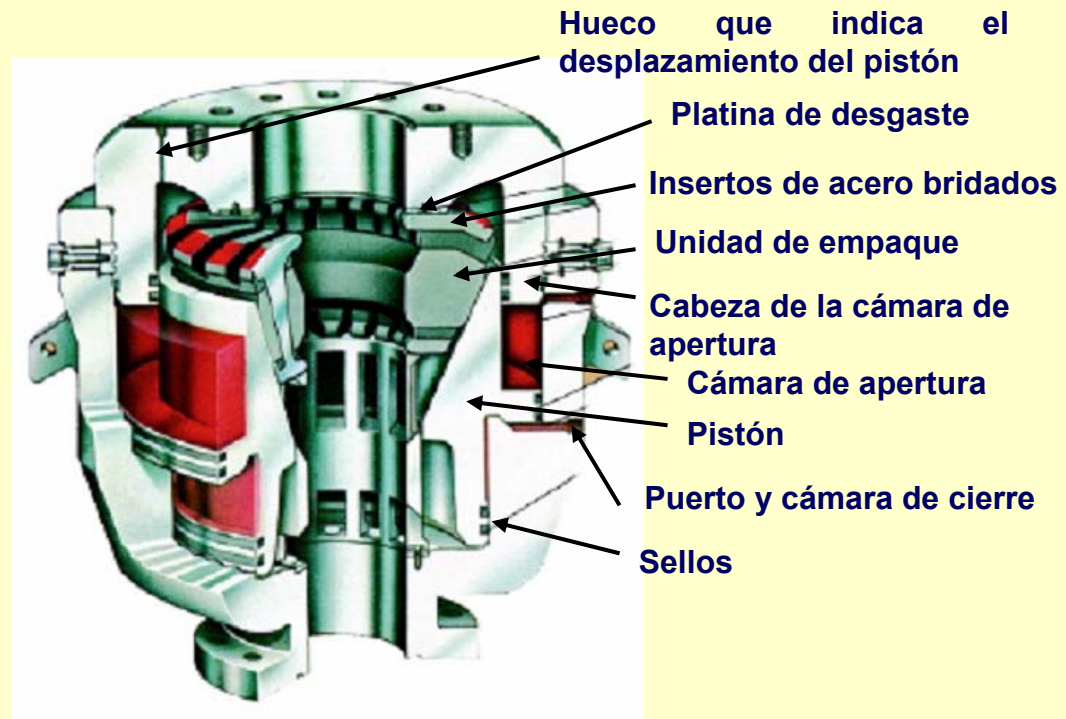


❑ *Por otro lado, el arreglo de preventores esta dirigido a determinar desde abajo hacia arriba cuales son los BOP's que tenemos para el pozo en cuestión. De allí, que unos de los arreglos **más utilizado es el RSRRRA**, el cual significa:*

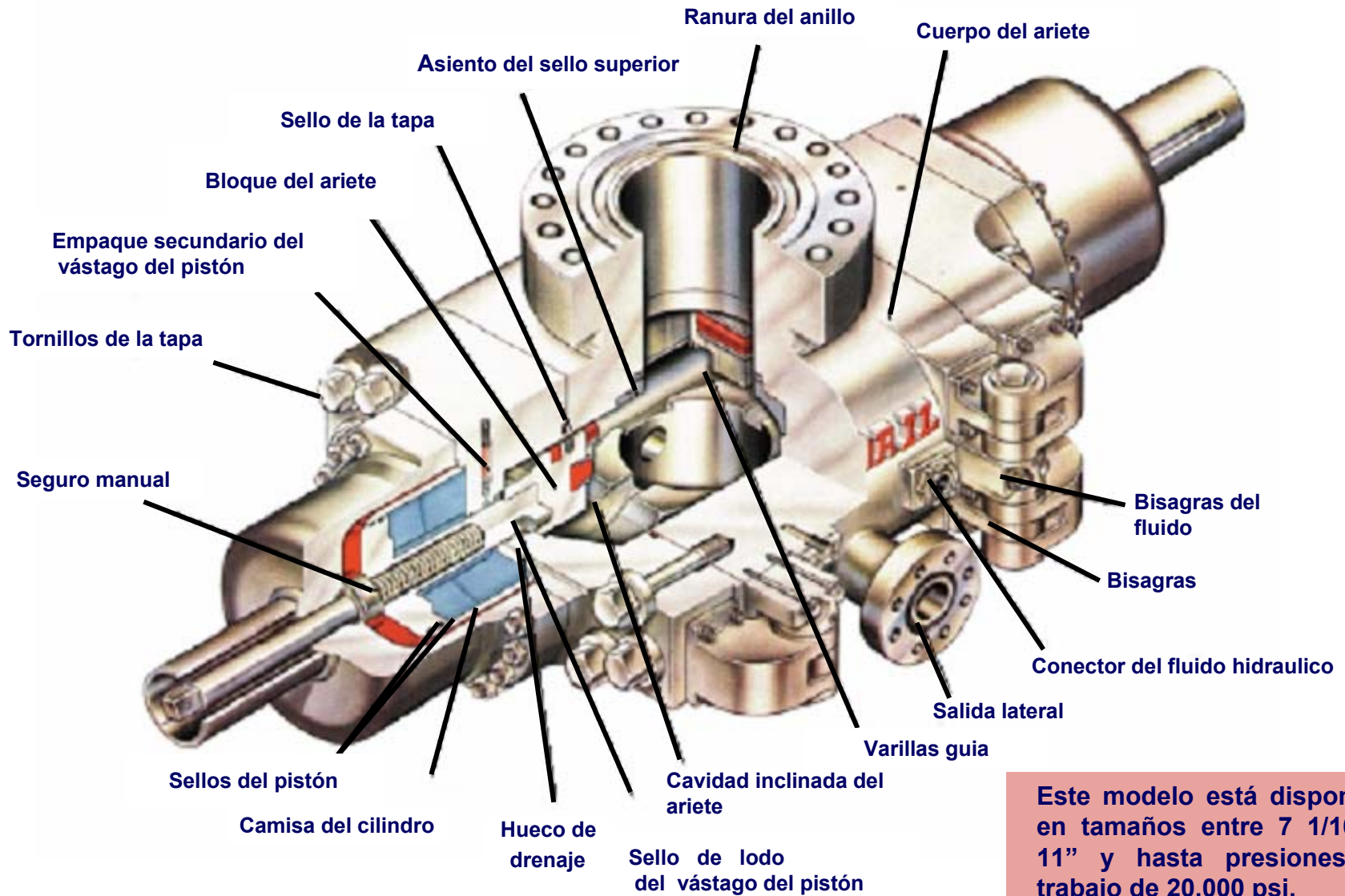
*R: Ram's  
S: Spool  
R: Ram's  
R: Ram's  
A: Anular*

❑ *Es decir, ariete de tubería, carrito de perforación, ariete y ariete (los cuales pueden ser ciego y de tubería) ó esférico*

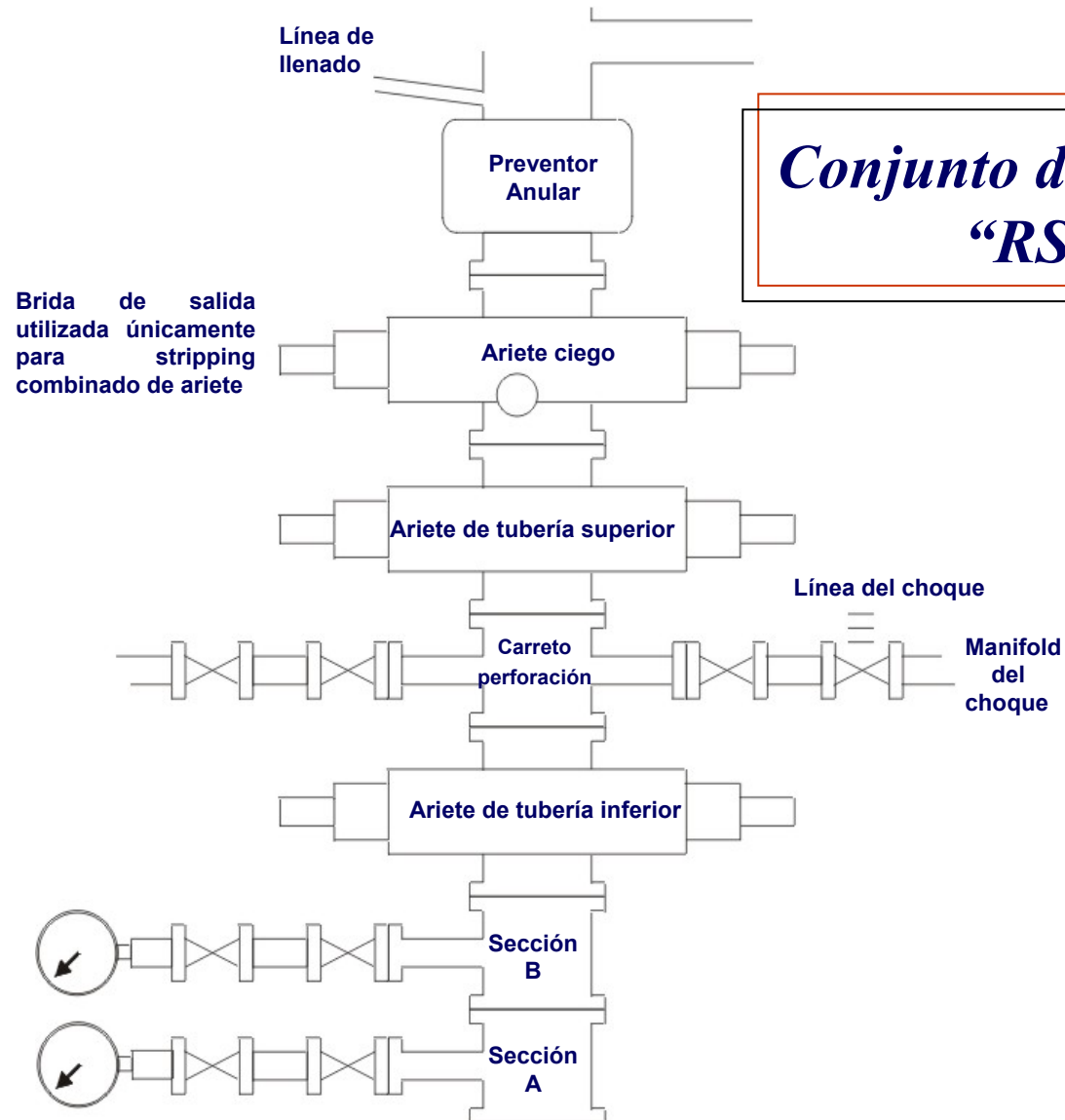
❑ *Para nuestro pozo en la **Línea 57-W**, colocaremos el arreglo RSRRRA. Anexo se muestran **dos de los preventores comúnmente utilizados** y una descripción de sus partes, así mismo el arreglo seleccionado:*



**Hydril GK**



Este modelo está disponible  
 en tamaños entre 7 1/16" y  
 11" y hasta presiones de  
 trabajo de 20.000 psi.







## □ Línea 58-W

□ Uno de los equipos clave para el seguro y oportuno funcionamiento de los BOP's, es la Unidad Acumuladora de Presión (U.A.P), la cual representa el control de presión sobre los preventores y válvulas auxiliares

□ Existen varios mecanismos de cálculos sobre el tipo y cantidad de botellas (acumuladores) que la U.A.P debe tener. Una vez diseñado el arreglo de BOP's y su clase o presión de trabajo, se requiere conocer por parte del fabricante la cantidad de volumen (galones) de fluido necesarios para el cierre de dichas válvulas

□ A continuación se describe un procedimiento sencillo el cual esta avalado por la I.A.D.C:

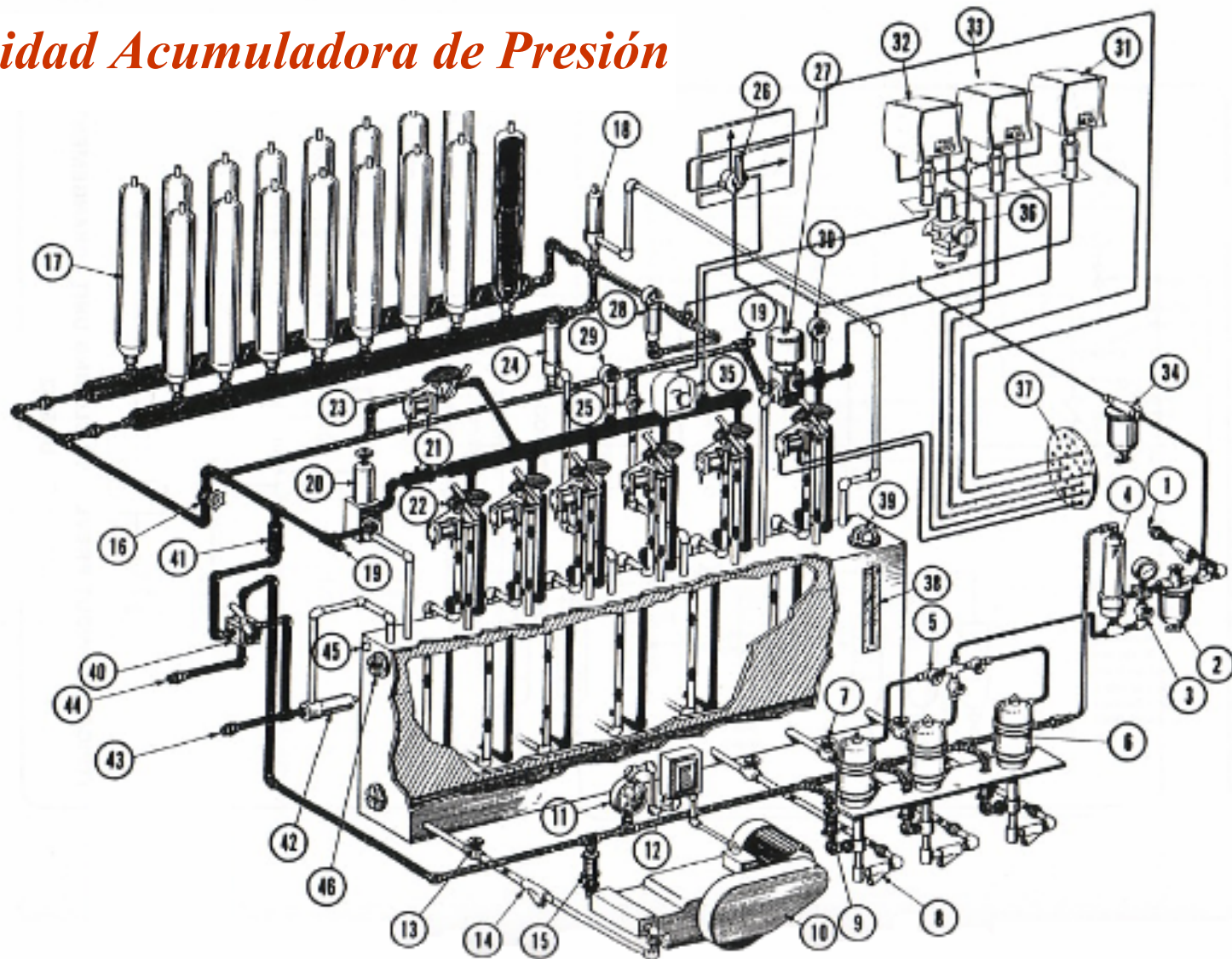
□ Determine el volumen necesario para cerrar el arreglo de preventores diseñado para su pozo. Recuerde que si existen 2 ó más BOP's de ariete, se deben calcular en forma individual



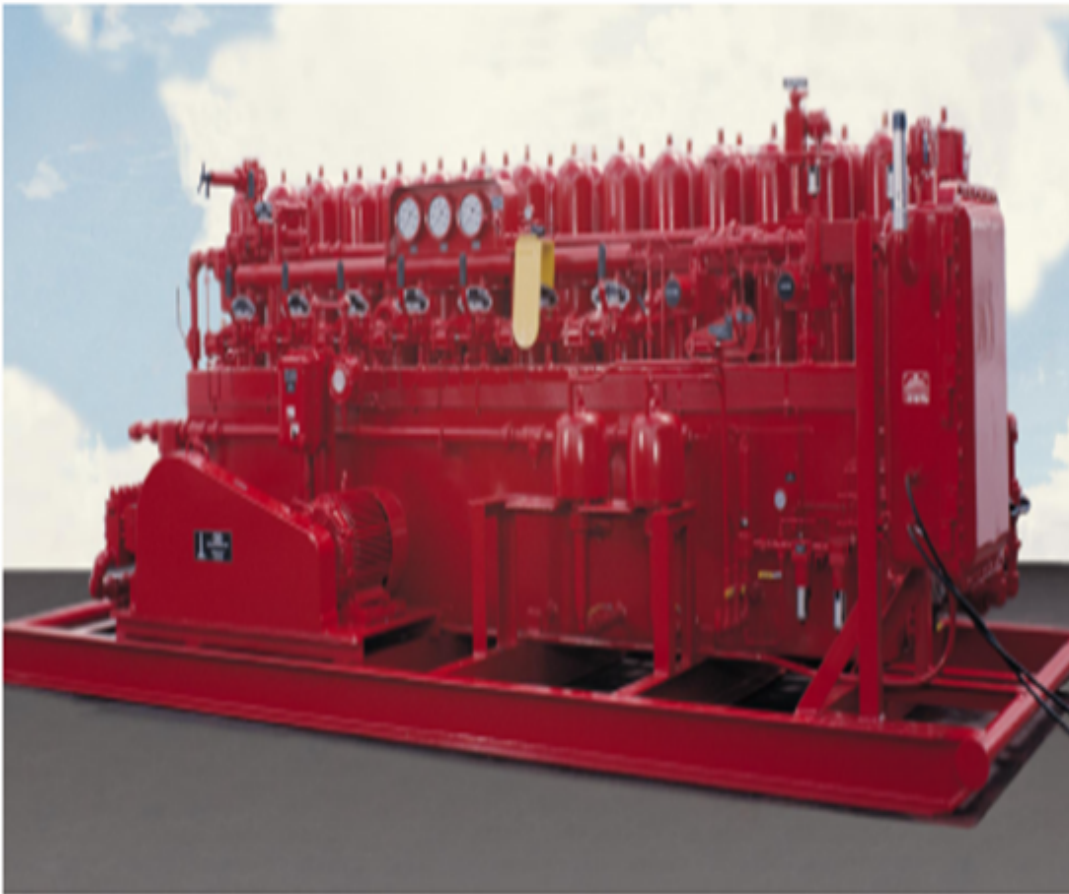


- ☐ *Sume todos los volúmenes y multiplique este valor por un Factor de Seguridad de 1.5*
- ☐ *Divida este volumen total entre el volumen útil de las botellas, la cual está comprobado que para presiones de precarga de 1000 psi, de presión final mínima de 1200 psi y presión máxima de 3000 psi, el valor de fluido útil es la mitad de la capacidad de la botellas (Ej: 10 galones la botella, el volumen útil es 5 gal)*
- ☐ *Obtenga el número de botellas que su equipo acumulador debe tener*
- ☐ *A continuación se muestra un esqueleto de la U.A.P a fin de poder describir sus partes más importantes:*

## *Unidad Acumuladora de Presión*



## *Unidad Acumuladora de Presión*





### ❑ Línea 59-W

❑ La salidas de control hidráulico **conocidas como válvulas de cuatro vías**, son aquellas necesarias para poder operar todas las válvulas que dependerán de la U.A.P, Estas válvulas tienen en la U.A.P tres posiciones, a saber: **abierta, neutra o cerrada.**

❑ Es recomendación del fabricante de la U.A.P hacer de su conocimiento que las válvulas de cuatro vías **NUNCA** deben estar en posición **Neutral**

### ❑ Línea 60-W

❑ El número de salidas de control esta referida a las estaciones a control remoto que deben existir en un taladro. Generalmente, en los taladros modernos **existen dos (2) estaciones**, una colocada detrás de la consola del Perforador y otra colocada al lado de la oficina del Supervisor.





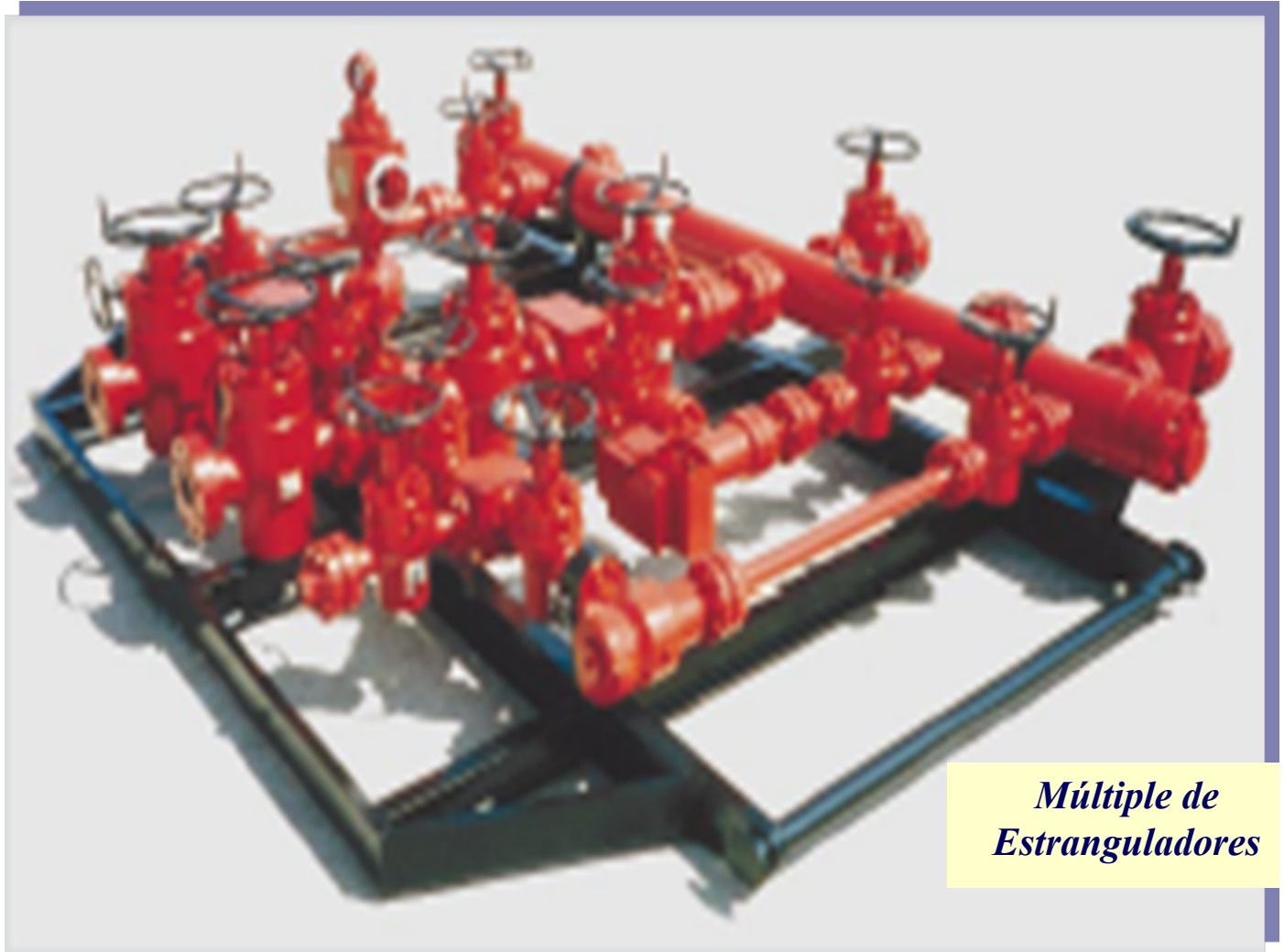
## ❑ Línea 61-W

- ❑ El diseño de los equipos auxiliares finaliza con el **Múltiple de Estranguladores**, el cual es el conjunto de válvulas **que permiten el control del pozo** a través de un estrangulador (**manual o remoto**) y el desvío de la salida del influjo hacia el lugar más conveniente del área de la localización.
- ❑ Todos estos con el control absoluto de quien dirige las operaciones, a fin de **solventar la contingencia de arremetida y garantizar la seguridad al personal y la del medio ambiente, así como la de los equipos de perforación.**
- ❑ Es importante tener en cuenta, que la **Presión de Trabajo** con la que diseñamos los BOP's, esta debe ser la misma de las válvulas que conforman el **Múltiple de Estranguladores**
- ❑ A continuación un esquema de un **Múltiple de Estranguladores** y un **Estrangulador remoto**:

## Múltiple de Estranguladores

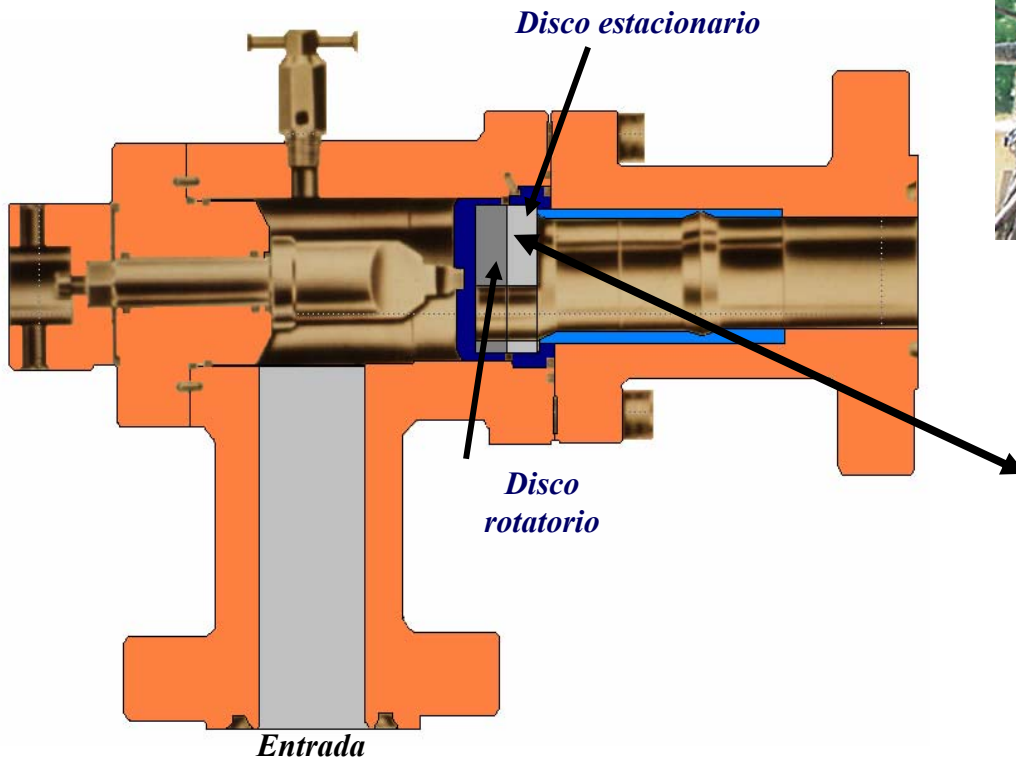






*Múltiple de  
Estranguladores*

## *Estranguladores Remoto “Cameron y Swaco”*





# *Selección del Taladro*



- ❑ *Una vez completado todo el D.P.A, nos disponemos ahora a la **Selección del Taladro de Perforación**. Dicha selección se basará en aspectos críticos los cuales aparecen plasmados en el D.P.A y que necesariamente debe ser cubiertos por el Taladro seleccionado*
- ❑ *Existen varios tipos de Taladros, tanto para tierra como para agua. Los de tierra se clasifican en **Taladros para perforar pozos someros o pozos profundos**. Los mismos, pueden ser desde un Camión con el Mástil incorporado hasta un Taladro de mayor potencia.*
- ❑ *Así mismo, estos Taladros pueden ser **Verticales convencionales o Inclinaados**. Los Taladros modernos poseen la facilidad de autovestirse y autodesvestirse, lo cual representa un ahorro considerable en cuanto a esta actividad.*
- ❑ *Para el caso de los **Taladros de agua**, la variedad si es más **compleja**, ya que estos taladros poseen diferentes formas y nombres las cuales enumeraremos a continuación:*



❑ *Anexo se Muestra algunas de estos Taladros de agua en los cuales los más comúnmente usados son:*

- *Gabarras Cantilever*
- *Gabarras Tenders*
- *Jack up*
- *Semisumergible*
- *Plataformas*
- *Barcos*

❑ *A fin de completar el Taladro que podrá perforar nuestro pozo cumpliendo con todos los cálculos realizados en el D.P.A, nos dispondremos a presentar una **Tabla referencial** de cómo seleccionar el mismo y que condiciones se sugiere tomar en cuenta al momento de la selección.*

❑ *Es importante recalcar que las empresas utilizan **una clasificación particular** la cual debe ser respetada y esta tabla solo procura ser referencial*





**CANTILEVER**



**SEMI SUMERGIBLE**



**BARCO DE PERF,**



**JACK UP**

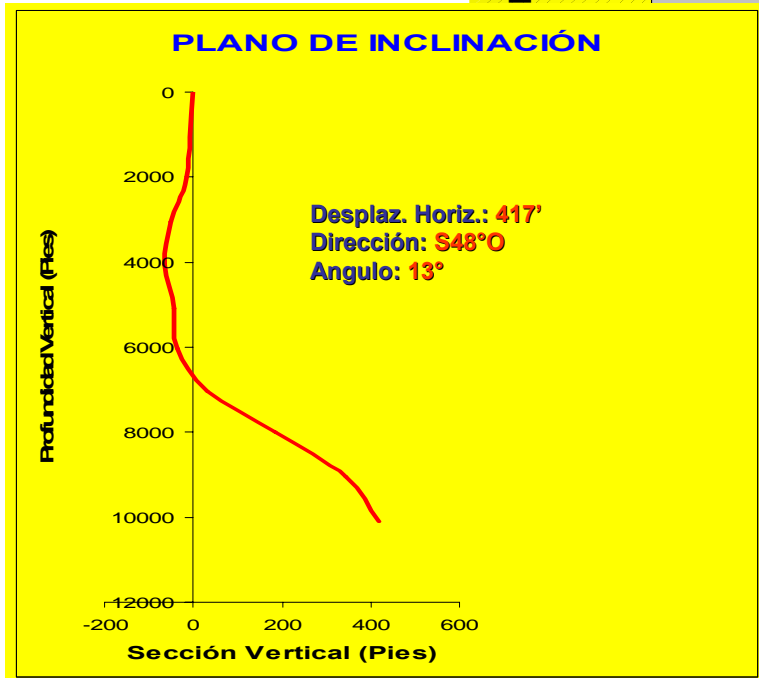
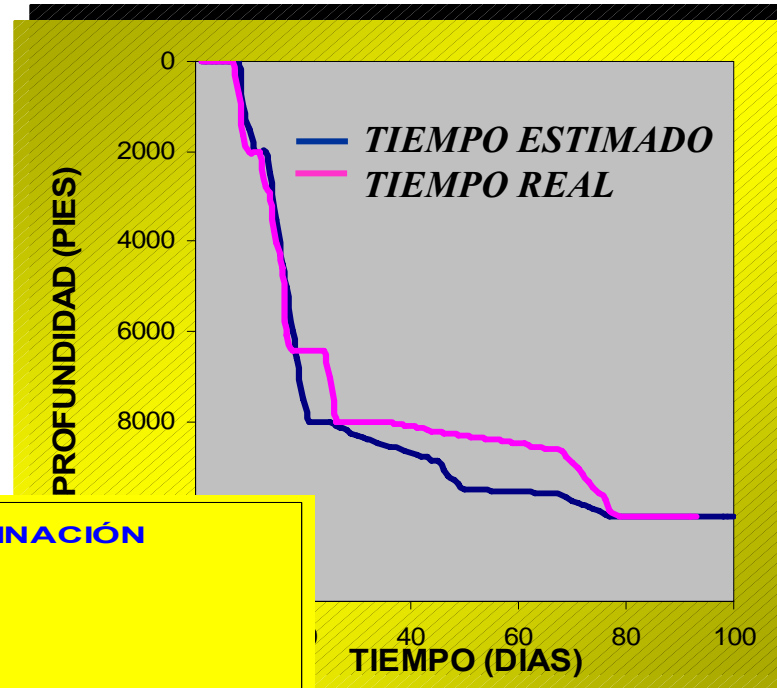


**PLATAFORMA**

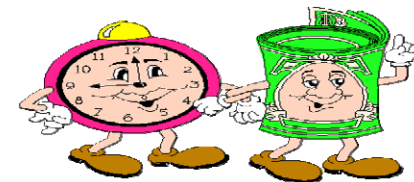


## ESPECIFICACIONES DEL TALADRO

<i>TIPO DE TALADRO</i>	<i>Taladro C</i>	<i>Taladro D</i>
<i>CAPACIDAD DE LA CABRIA (MMLBS)</i>	<i>1,2</i>	<i>1,6</i>
<i>POTENCIA AL MALACATE (HP)</i>	<i>1500</i>	<i>2000</i>
<i>BOMBAS DE LODO (HP)</i>	<i>1300</i>	<i>1500</i>
<i>PROFUNDIDAD ALCANZABLE (PIES)</i>	<i>15000</i>	<i>20000</i>
<i>EQUIPO BOP's (PSI)</i>	<i>10000</i>	<i>15000</i>
<i>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (BLS)</i>	<i>1000 - 1200</i>	<i>1200 - 1500</i>



# *Tópicos Complementarios*





❑ *A continuación se mencionan algunos de las contingencias más comunes al momento de la perforación de un pozo, las cuales deben ser prevenidas, detectadas y solucionadas evitando así una gran interferencia en cuanto a tiempo y costos operacionales planificados*

❑ *Problemas asociados al pozo y a los equipos*

- *Incremento en la ROP*
- *Cambio de torque*
- *Fluctuaciones de la bomba*
- *Cambio en las propiedades del fluido*
- *Inestabilidad del hoyo*
- *Gas de conexión*
- *Variaciones del PSM*
- *Señales de Kick (Arremetidas)*
- *Selección Métodos de Control*



- ❑ *Una vez finalizada la Ingeniería de Diseño del Pozo y la Planificación de las actividades a ejecutar, nos disponemos a determinar los **Costos asociados de las Operaciones e Ingeniería del pozo en su conjunto***
- ❑ *Para realizar lo relativo a costos, es necesario **puntualizar los mismos por cada Sección de los hoyos a perforar**, para lo cual se recomienda un patrón de items referenciales para el cálculo del costo final del proyecto pozo*
- ❑ *A continuación, se menciona lo que pudiese ser una **guía de items a ser considerados por el Ingeniero de Diseño y/o Planificación**. Es importante mencionar a su vez, que cualquier actividad adicional que se prevea realizar en este pozo, deba ser considerada en el cálculo final a fin de evitar hacer ajustes presupuestarios innecesarios*
- ❑ *Solo aquellos cambios obligantes que estén alrededor de contingencias del pozo (Ej. Prueba L.O.T no ajustada a estimaciones) **serán cubiertas con costos extras, lo cual alterará el costo planificado***

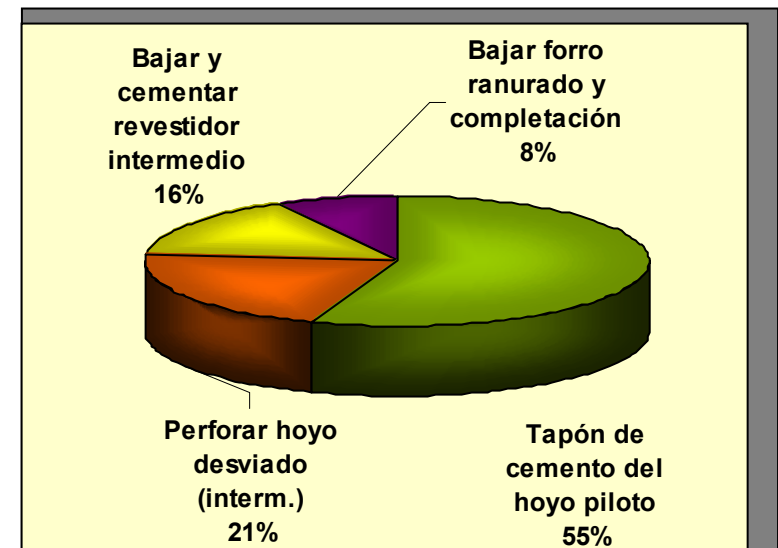
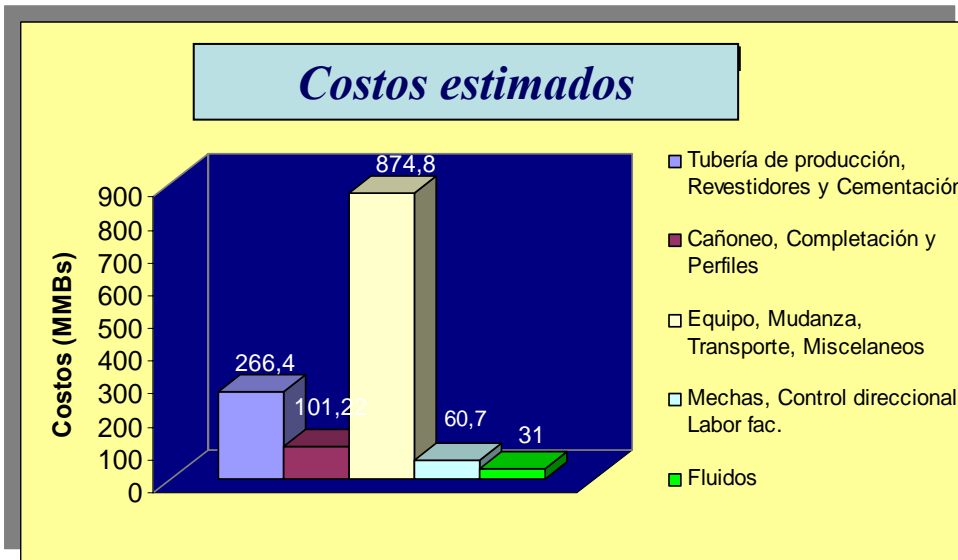


## ❑ *Tabla guía sobre items a considerar en los costos del pozo:*

- *Mudanza. Transporte General. Misceláneos*
- *Labor. Tasa diaria del Taladro.*
- *Fluidos de perforación. Mantenimiento general*
- *Mechas. Control direccional. Herramientas especiales de fondo*
- *Tubería de Revestimiento. Cementación. Tubería de Completación y equipos involucrados*
- *Registros Eléctricos. Cañoneo.*
- *Actividades complementarias (Núcleos, Pruebas, etc)*



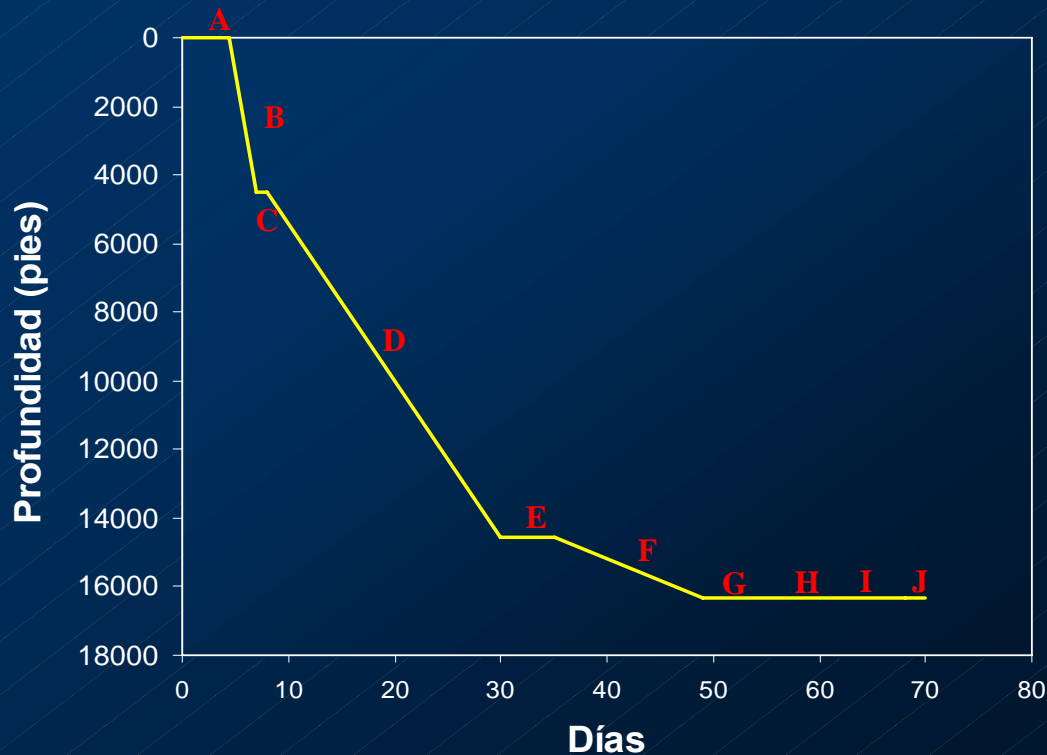
❑ *Existen varias modalidades de plasmar los costos estimados del pozo, unos de ellos es un **gráfico de barras** y otro un **gráfico de torta**, tal como los que se presentan a continuación:*





- ❑ *En cada una de las secciones del hoyo a perforar, el Ingeniero de Diseño y/o Planificación debe **estimar el tiempo de cada una de las actividades a cumplir en esa fase del pozo***
- ❑ *Como reto, **el Ingeniero debe tratar de mejorar el mejor tiempo de los pozos vecinos**, siempre y cuando ese tiempo no haya sido ya considerado por la Gerencia como el tiempo óptimo de operaciones.*
- ❑ *Conocido por actividad y por sección este tiempo estimado, el Ingeniero debe mostrarlo a través de un **gráfico de profundidad vs días**, en la cual se pueda plotear diariamente el tiempo real del pozo, a fin de hacer la comparación respectiva y poder realizar las mejoras pertinentes*
- ❑ *Este ploteo se recomienda llevarlo tanto en el Taladro como en la oficina de la operadora, así mismo en la contratista de perforación*
- ❑ *A continuación una muestra gráfica de Profundidad vs tiempo (días)*

## Curva de Tiempo Estimado



- A** = Mudar y Vestir
- B** = Perforar hoyo 17 1/2" hasta 4500'
- C** = Bajar/Cementar Rev. 13 3/8"
- D** = Perforar hoyo 12 1/4" hasta 14585'
- E** = Bajar/Cementar Rev. 9 5/8"
- F** = Perforar hoyo 8 1/2" hasta 16345'
- G** = Registros
- H** = Bajar/Cementar Rev. 7"
- I** = Completación
- J** = Desvestir



- ❑ *Para tratar durante este evento un **Tópico Complementario** asociado a una actividad común de la mayoría de los pozos que actualmente se perforan alrededor del mundo, se ha seleccionado el de **Perforación Direccional o Desviada***
- ❑ *Para tal efecto, se hará un **análisis de los items asociados a este tópico** que sería de interés para el **Ingeniero de Diseño y/o Planificación** y que pueda incrementar su pericia en las labores de **Operaciones y de Ingeniería** propiamente dicha*
- ❑ *Como es de su conocimiento esta actividad direccional directamente recae en **una empresa contratista especializada** y el papel del **Ingeniero de Diseño y/o Planificación** se basa en la **Supervisión de la labor**, más no de la ejecución en sí.*
- ❑ *Dividiremos esta sección por módulos y serán discutida en forma general cada uno de ellos, sin llegar a diseñar en forma masiva, solo informativa*



- *Causas o razones para perforar direccionalmente*
- *Conceptos básicos utilizados*
- *Herramientas utilizadas en la perforación direccional*
- *Tipos de pozos direccionales*
- *Métodos de estudios direccionales. Ploteo de puntos*
- *Corrección magnética*
- *Diagrama de vectores (orientación del tool face)*

- *Causas o razones para perforar direccionalmente*
  - *Existen varias razones para perforar un pozo direccional, entre ellas está: Localizaciones inaccesibles, domos de sal, pozos de alivio, side track, pozos con fallas, pozos geotérmicos, pozos de tierra a costa fuera, pozos en forma agrupados (clusters), múltiples pozos (misma plataforma), etc.*





## ❑ *Conceptos básicos*

❑ *Para un buen entendimiento de las operaciones direccionales, es necesario tener un amplio conocimiento de **los Conceptos más utilizados en la Perforación Direccional**, a continuación algunos de ellos:*

▪ *Kick off point, ángulo de inclinación, TVD y MD, tasa de aumento y de disminución del ángulo, sección de construcción, sección tangencial, sección de descenso, desvío o desplazamiento horizontal, coordenadas, dirección del pozo, rumbo, buzamiento, tolerancia del objetivo, dog leg, severidad del dog leg, radio de curvatura*

## ❑ *Herramientas utilizadas*

▪ *Herramientas de deflexión (mechas, cucharas, camisas desviadas, substitutos desviados)*

▪ *Herramientas de medición*

▪ *Herramientas auxiliares (barras o drillcollars, monel, estabilizadores, sargas utilizadas, motores de fondo (sarga de navegación), turbinas*



## ☐ *Tipos de pozos direccionales*

☐ *Los tipos de pozos direccionales dependerán de la razón o causa por la cual se decidió perforar direccionalmente y de algunas condiciones de las formaciones a atravesar. Entre ellos están:*

☐ *Tipo Slant o Tangencial*

☐ *Tipo “S”*

☐ *Tipo “S” Especial*

☐ *Pozos Horizontales*

☐ *Pozos Multilaterales*

☐ *Pozos desviados con un taladro inclinado*



## ❑ *Métodos de Estudios Direccionales*

❑ *A fin de poder plotear la trayectoria de un pozo en el plano vertical (de inclinación) y horizontal ( de dirección), es necesario seleccionar un Método de Estudio, esto con miras a utilizar la información suministrada por las herramientas de medición las cuales **debemos transformar en valores para los gráficos elaborados**, estos métodos son:*

❑ *Método Tangencial*

❑ *Método de Radio de Curvatura*

❑ *Método de Angulo Promedio*

❑ *Método de Curvatura Mínima*



## ☐ *Corrección magnética*

☐ *Obtenidos los valores de la dirección del pozo de las herramientas de medición, es necesario a fin de poder incorporarlas a los Métodos de Estudios Direccionales corregirla por Norte Magnético. Esto debido a que los planos elaborados son polares o cartesianos y debemos trabajar en esos mismos planos.*

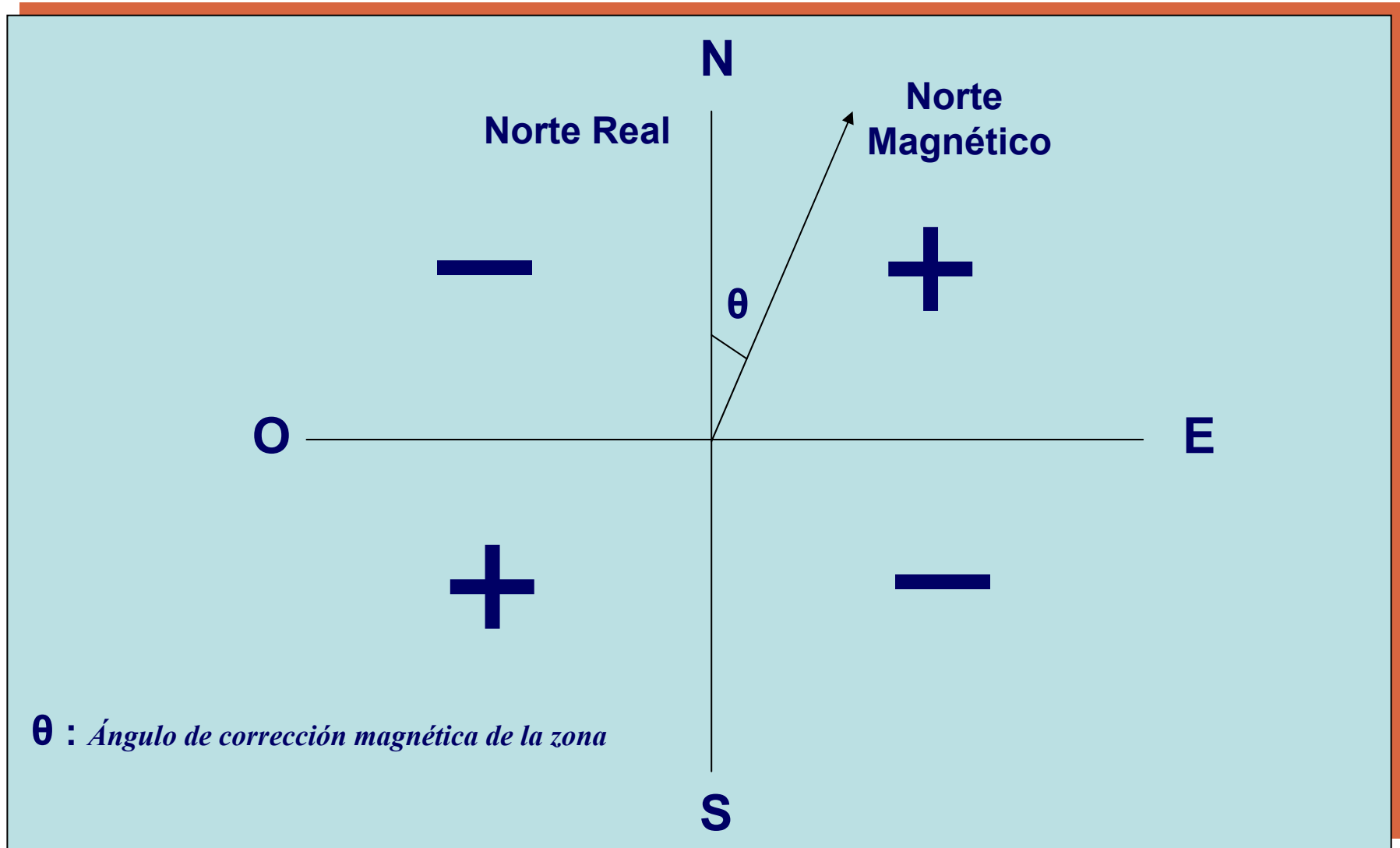
☐ *Existen correcciones que pudiesen ser:*

☐ *A través del Este o a la derecha*

☐ *A través del Oeste o sea a la Izquierda,*

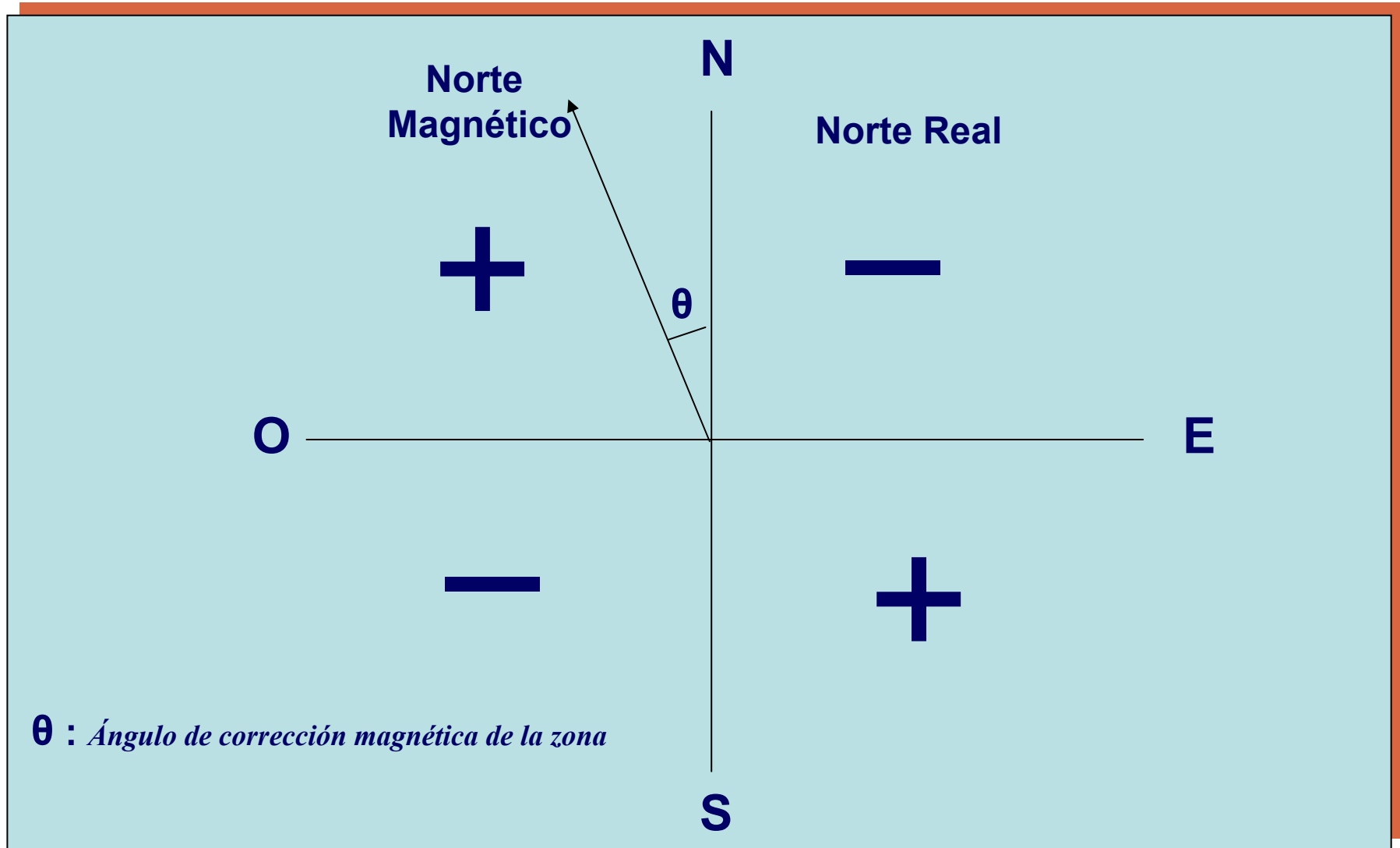
☐ *Así mismo existen lugares donde el Norte Magnético y el Norte Verdadero coinciden*

## *Corrección por el Este (Derecha)*





## *Corrección por el Oeste (Izquierda)*





## ❑ *Diagrama de Vectores*

❑ *A fin de poder orientar la cara de la herramienta (tool face) es necesario tener **un conocimiento de la zona donde se perfora** o tener un mecanismo de orientación de la cara al lugar donde a través de un diagrama de vectores se define*

❑ *Este mecanismo, nos da cual debe ser la posición ideal de la herramienta **que nos permita obtener al posesionarla los valores de inclinación y orientación del pozo**, todo esto asociado con el diseño original*

# *ANEXOS*

# FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Nombre y No. del Pozo				Municipio		Estado		
Pozo A.P.I No.			Campo ó Area			Profundidad Total Proyectada		
Formaciones Geológicas en la Superficie					a P.F			

## FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Programa del Hoyo y del Revestimiento	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Profundidad Total, pies.						1	A
Diámetro del Hoyo, pulg.						2	B
Perforabilidad de la Formación						3	B
Diámetro Exterior del Revestidor, pulg.						4	A
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						5	D
Cantidad, pies.						6	D
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						7	D
Cantidad, pies.						8	D
Peso (lbs/pie) y Grado A.P.I						9	D
Cantidad, pies.						10	D
Peso de la sarta de revestimiento en el aire, M-lbs.						11	D
Mínima carga para partirse, M-lbs.						12	E
Peso del Revestidor en el lodo, M-lbs.						13	E
Mínima velocidad requerida, pie/min.						14	E



## FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Sarta de Perforación recomendada	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Peso de las barras (drillcollars) en el aire, M-lbs.						15	F
Diámetro externo e interno, sección inferior, pulg.						16	G
Longitud de la sección inferior, pies.						17	G
Diámetro externo e interno, sección superior, pulg.						18	G
Longitud de la sección superior, pies.						19	G
Diámetro externo de la tubería de perforación, pulg.						20	H
Peso en lbs/pie y Grado A.P.I de la tubería de perforación						21	H
Longitud de la tubería de perforación, pies.						22	H
Peso de la tubería de perforación en el aire, M-lbs						23	H
Carga para partirse (resistencia a la tensión), M-lbs.						24	H
Peso de la sarta de perforación en el aire, M-lbs						25	J
Mínima velocidad requerida para izamiento, pies/min.						26	J
Caballaje al gancho al máximo peso y mínima velocidad						27	K
Peso de la sarta de perforación en el lodo, M-lbs.						28	K
Mínima velocidad requerida, pies/min.						29	K

**FORMATO A.P.I # D-10 A**  
**(Drilling Plan Analysis D.P.A)**

<b>Requisitos de la Cabria o Torre de Perforación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Línea</b>	<b>Paso</b>
Carga crítica al gancho, M-lbs						<b>30</b>	<b>L</b>
Número de líneas (guaya) al bloque viajero						<b>31</b>	<b>L</b>
Capacidad bruta mínima nominal, M-lbs						<b>32</b>	<b>L</b>

## FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Necesidades Hidráulicas	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Tipo de fluido (lodo) de perforación						33	C
Densidad o peso, lbs/gal.						34	C
Factor de Flotación						35	C
Caballaje hidráulico seleccionado en la mecha						36	M
Velocidad anular seleccionada, pies/min.						37	N
Tasa de circulación, gal/min ó bls/min.						38	N
Velocidad en las boquillas (jets), pies/seg.						39	O
Pérdida de presión en los equipos de superficie, psi.						40	P
Pérdida de presión en la tubería de perforación, psi.						41	Q
Pérdida de presión en las barras (drillcollars), psi.						42	R
Pérdida de presión en las boquillas o jets de la mecha, psi.						43	S
Pérdida de presión en el anular hoyo-barras, psi.						44	T
Pérdida de presión en el anular hoyo-tubería de perf., psi.						45	T
Pérdida de presión total nominal, psi.						46	T
Presión de superficie o de bombeo corregida, psi.						47	U
Caballaje hidráulico en superficie						48	U

## FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Necesidades Rotatorias	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Tipo de transmisión rotatoria						49	V
Diámetro interno de la mesa rotaria, pulg..						50	V
Capacidad de carga estática, M-lbs.						51	V
Límite de R.P.M, máximo y mínimo						52	V
Capacidad de Torsión, lbs-pie.						59	V
Caballaje rotatorio						54	V

## FORMATO A.P.I # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A)

Equipos Auxiliares	I	II	III	IV	V	Línea	Paso
Clase de preventores (BOP's)						55	W
Tamaño, pulg.						56	W
Arreglo del Conjunto						57	W
Unidad de Cierre, Capacidad del acumulador, gal-psi.						58	W
Número de salidas de control						59	W
Número de estaciones de control remoto						60	W
Múltiple del estrangulador, tamaño y clase						61	W

*" En tiempos de cambios  
aquellos que aprenden  
continuamente heredan  
el futuro..."*

***Muchas Gracias***

*Los que consideran  
que ya todo lo han aprendido  
se encontrarán equipados  
para vivir en un mundo  
que ya no existe "*

*Eric Hoffer*